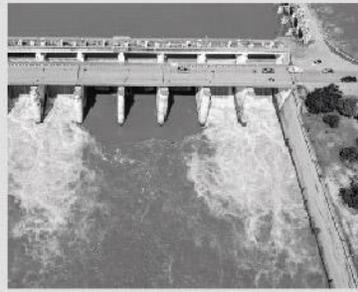


# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

REALIZAR LA FASE 2 DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLANACIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE MATERIALES SOBRANTES, ASÍ COMO LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE CONTENCIÓN PARA LA CONFORMACIÓN DE LA FRANJA DE PISTA Y PLATAFORMA AEROPORTUARIA, ZONAS DE SEGURIDAD EXTREMO DE PISTA, REFORZAMIENTO DE TALUDES Y LADERAS, OBRAS DE DRENAJES DE LA FRANJA DE PISTA Y PLATAFORMAS, CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS PARA PISTA, PLATAFORMAS Y CALLES DE RODAJE, AYUDAS VISUALES, ADECUACIÓN Y CONFORMACIÓN DE SITIOS DE DEPÓSITO DE MATERIALES SOBRANTES, Y OBRAS CIVILES PARA LA SUBTERRANIZACIÓN DE LA LINEA ELÉCTRICA LA ESMERALDA-LA ENEA A 230 KV, NECESARIAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ETAPA 1 DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PALESTINA - CALDAS



## Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café



### A03 Especificaciones Técnicas

Contrato N° 08 de 2021

Revisión: 2

Febrero de 2022

Medellín, Colombia

# SEDIC

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

## Índice de modificaciones

Revisión	Sección modificada	Fecha modificación	Descripción
2		Febrero de 2022	Versión original

## Revisión y aprobación

<b>Nombre del documento</b>	Especificaciones técnicas.
<b># de Revisión</b>	2
<b>Fecha:</b>	Febrero de 2022

	Especialidad / Nombre / Matricula	Firmas
<b>Elaboró</b>	<b>Presupuesto</b> G.Londoño M.P. 05202-249142 ANT	
<b>Revisó</b>	<b>Presupuesto</b> F.González M.P. 1001 de Caldas	
<b>Aprobó</b>	<b>Director de Consultoría</b> F.González M.P. 1001 de Caldas	

## Tabla de contenido

<b>200 ARTÍCULO 200 DESMONTE Y LIMPIEZA .....</b>	<b>45</b>
<b>200.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>45</b>
200.1.1 Generalidades .....	45
200.1.2 Clasificación .....	45
200.1.2.1 Desmonte y limpieza en bosque .....	45
200.1.2.2 Desmonte y limpieza en zonas no boscosas .....	45
<b>200.2 MATERIALES .....</b>	<b>45</b>
<b>200.3 EQUIPO .....</b>	<b>46</b>
<b>200.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>46</b>
200.4.1 Desmonte y limpieza .....	46
200.4.2 Remoción de tocones y raíces.....	47
200.4.3 Descapote .....	48
200.4.4 Remoción y disposición de materiales .....	48
200.4.5 Orden de las operaciones.....	48
200.4.6 Limitaciones de Ejecución .....	49
200.4.7 Manejo ambiental .....	49
<b>200.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>49</b>
200.5.1 Controles .....	49
200.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	50
<b>200.6 MEDIDA.....</b>	<b>50</b>
<b>200.7 FORMA DE PAGO.....</b>	<b>51</b>
<b>200.8 ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>52</b>
<b>201 ARTÍCULO 201 DEMOLICIÓN Y REMOCIÓN .....</b>	<b>53</b>
<b>201.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>53</b>
201.1.1 Generalidades .....	53
201.1.2 Clasificación .....	53
<b>201.2 MATERIALES.....</b>	<b>54</b>

<b>201.3 EQUIPO .....</b>	<b>54</b>
<b>201.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>54</b>
201.4.1 Generalidades .....	54
201.4.2 Demolición total o parcial de estructuras existentes.....	56
201.4.2.1 Demolición de edificaciones.....	56
201.4.2.2 Demolición de puentes, alcantarillas y otras estructuras.....	57
201.4.2.3 Demolición de pavimentos rígidos, pisos y andenes de concreto y bordillos	58
201.4.3 Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas .....	59
201.4.4 Remoción de especies vegetales .....	60
201.4.5 Remoción de cercas de alambre .....	61
201.4.6 Remoción de obstáculos .....	61
201.4.7 Remoción de ductos de servicios existentes .....	61
201.4.8 Traslado de postes y torres .....	62
201.4.9 Remoción de rieles .....	62
201.4.10 Remoción de defensas metálicas y barreras de seguridad de hormigón	63
201.4.11 Disposición de los materiales.....	63
201.4.12 Limitaciones en la ejecución .....	64
201.4.13 Manejo ambiental .....	64
<b>201.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>64</b>
201.5.1 Controles.....	64
201.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	65
<b>201.6 MEDIDA.....</b>	<b>65</b>
<b>201.7 FORMA DE PAGO.....</b>	<b>66</b>
<b>201.8 ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>67</b>
<b>210 ARTÍCULO 210 EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS .....</b>	<b>68</b>
<b>210.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>68</b>
210.1.1 Generalidades .....	68

210.1.2	Definiciones .....	68
210.1.2.1	Excavación de la explanación .....	68
210.1.2.2	Excavación de canales .....	68
210.1.2.3	Excavación en zonas de préstamo .....	69
210.1.3	Clasificación .....	69
210.1.3.1	Excavación sin clasificar .....	69
210.1.3.2	Excavación clasificada .....	69
210.1.3.2.1	Excavación en roca .....	69
210.1.3.2.2	Excavación en material común .....	70
210.1.3.2.3	Método alternativo para determinar el tipo de material excavado .....	70
<b>210.2</b>	<b>MATERIALES .....</b>	<b>70</b>
210.2.1	Utilización de materiales provenientes de la excavación de la explanación y de canales .....	70
210.2.2	Materiales de zonas de préstamo .....	71
<b>210.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>71</b>
<b>210.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>71</b>
210.4.1	Excavación de la explanación .....	71
210.4.1.1	Generalidades .....	71
210.4.1.2	Actividades previas .....	72
210.4.1.3	Drenaje de las excavaciones .....	72
210.4.1.4	Manejo de la subrasante .....	73
210.4.1.4.1	Protección de la subrasante .....	73
210.4.1.4.2	Circulación sobre la subrasante .....	74
210.4.1.4.2.1	Pérdida de humedad en la subrasante .....	74
210.4.1.4.3	Compactación de la subrasante .....	74
210.4.1.4.3.1	Necesidad de compactar la subrasante .....	74
210.4.1.4.3.2	Procedimiento de compactación de la subrasante .....	75
210.4.1.5	Excavaciones en roca .....	76
210.4.1.6	Transiciones de corte a terraplén y viceversa .....	77
210.4.1.7	Ensanche o modificación del alineamiento de calzadas existentes ....	77
210.4.1.8	Taludes .....	78

210.4.2	Excavación de canales .....	78
210.4.3	Disposición de materiales sobrantes provenientes de la excavación	79
210.4.4	Excavación en zonas de préstamo .....	79
210.4.5	Sobre-excavación .....	79
210.4.6	Hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico.....	80
210.4.7	Limpieza final.....	80
210.4.8	Referencias topográficas .....	80
210.4.9	Limitaciones en la ejecución .....	81
210.4.10	Manejo ambiental .....	81
<b>210.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>81</b>
210.5.1	Controles .....	81
210.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	82
210.5.2.1	Acabado .....	82
210.5.2.2	Compactación de la subrasante.....	83
<b>210.6</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>85</b>
<b>210.7</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>86</b>
<b>210.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>88</b>
<b>221</b>	<b>ARTÍCULO 221 PEDRAPLENES .....</b>	<b>89</b>
<b>221.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>89</b>
221.1.1	Generalidades .....	89
221.1.2	Partes del pedraplén.....	89
221.1.3	Corona (capa subrasante) .....	89
<b>221.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>89</b>
221.2.1	Granulometría.....	90
221.2.2	Resistencia a la abrasión.....	91
<b>221.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>91</b>
<b>221.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>91</b>
221.4.1	Generalidades .....	91
221.4.2	Preparación de la superficie de apoyo.....	91

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

221.4.3	Cuerpo y transición del pedraplén .....	92
221.4.4	Fase de experimentación.....	93
221.4.5	Corona del pedraplén .....	94
221.4.6	Limitaciones en la ejecución .....	94
221.4.7	Manejo ambiental .....	95
<b>221.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>95</b>
221.5.1	Controles .....	95
221.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	95
221.5.2.1	Calidad de los materiales .....	95
221.5.2.2	Calidad del producto terminado .....	96
<b>221.6</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>97</b>
<b>221.7</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>98</b>
<b>221.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>99</b>
<b>330</b>	<b>ARTÍCULO 330 BASE GRANULAR .....</b>	<b>100</b>
<b>330.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>100</b>
<b>330.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>100</b>
330.2.1	Clases de base granular .....	100
330.2.2	Requisitos de calidad para los agregados .....	100
<b>330.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>103</b>
<b>330.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>103</b>
330.4.1	Explotación de materiales y elaboración de agregados .....	103
330.4.2	Preparación de la superficie existente .....	103
330.4.3	Fase de experimentación.....	104
330.4.4	Transporte y almacenamiento del material .....	104
330.4.5	Extensión y conformación del material.....	104
330.4.6	Compactación.....	105
330.4.7	Apertura al tránsito .....	105
330.4.8	Limitaciones en la ejecución .....	106
330.4.9	Bacheos .....	106

330.4.10	Conservación.....	107
330.4.11	Manejo ambiental .....	107
<b>330.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>107</b>
330.5.1	Controles .....	108
330.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	108
330.5.2.1	Calidad de los agregados.....	108
330.5.2.1.1	Control de procedencia .....	108
330.5.2.1.2	Control de producción .....	108
330.5.2.1.3	Conservación de las propiedades de los agregados .....	109
330.5.2.2	Calidad del producto terminado .....	110
330.5.2.2.1	Terminado .....	110
330.5.2.2.2	Compactación .....	111
330.5.2.2.3	Espesor .....	113
330.5.2.2.4	Planicidad .....	114
330.5.2.2.5	Zonas de bacheos.....	114
330.5.2.2.6	Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor .....	115
<b>330.6</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>115</b>
<b>330.7</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>115</b>
<b>330.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>115</b>
<b>350</b>	<b>ARTÍCULO 350-P. SUELO - CEMENTO .....</b>	<b>116</b>
<b>350.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>116</b>
<b>350.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>116</b>
350.2.1	Clases de suelo-cemento .....	116
350.2.2	Suelos o agregados por estabilizar .....	116
350.2.3	Cemento.....	117
350.2.4	Agua.....	117
350.2.5	Aditivos.....	117
<b>350.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>118</b>
350.3.1	Equipo para la elaboración de la mezcla de suelo-cemento .....	118

350.3.2	Equipos para explotación y manejo de materiales .....	119
350.3.3	Equipos para escarificación .....	119
<b>350.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>119</b>
350.4.1	Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo .....	119
350.4.1.1	Diseño de la mezcla .....	119
350.4.2	Fórmula de trabajo.....	120
350.4.3	Fase de experimentación.....	121
350.4.4	Preparación de la superficie existente .....	121
350.4.5	Transporte y almacenamiento de suelos y agregados .....	122
350.4.6	Mezcla en vía .....	122
350.4.6.1	Disgregación del material.....	123
350.4.6.2	Aplicación del cemento .....	123
350.4.6.3	Mezcla .....	123
350.4.7	Mezcla en planta .....	124
350.4.8	Extensión y conformación.....	124
350.4.9	Prefisuración.....	124
350.4.10	Compactación.....	125
350.4.11	Juntas de trabajo .....	126
350.4.12	Curado de la capa compactada .....	126
350.4.13	Apertura al tránsito .....	127
350.4.14	Limitaciones en la ejecución .....	127
350.4.15	Manejo ambiental .....	127
350.4.16	Conservación de la capa terminada.....	127
<b>350.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>128</b>
350.5.1	Controles .....	128
350.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	128
350.5.2.1	Calidad de los materiales .....	128
350.5.2.1.1	Calidad de suelos o agregados por estabilizar .....	128
350.5.2.1.2	Calidad del cemento.....	129
350.5.2.1.3	Calidad del agua .....	129

350.5.2.1.4	Calidad de los aditivos y productos de curado.....	130
350.5.2.2	Calidad de la mezcla .....	130
350.5.2.2.1	Contenido de cemento .....	130
350.5.2.2.2	Resistencia .....	131
350.5.2.3	Calidad de la capa terminada.....	131
350.5.2.3.1	Compactación .....	132
350.5.2.3.2	Espesor .....	133
350.5.2.3.3	Planicidad.....	134
<b>350.6</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>134</b>
<b>350.7</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>135</b>
<b>350.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO.....</b>	<b>135</b>
<b>600</b>	<b>ARTÍCULO 600 EXCAVACIONES VARIAS .....</b>	<b>136</b>
<b>600.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>136</b>
600.1.1	Generalidades .....	136
600.1.2	Clasificación .....	136
600.1.2.1	Excavaciones varias sin clasificar .....	136
600.1.2.2	Excavaciones varias clasificadas .....	136
600.1.2.2.1	Excavaciones varias en roca en seco .....	136
600.1.2.2.2	Excavaciones varias en roca bajo agua.....	137
600.1.2.2.3	Excavaciones varias en material común en seco .....	137
600.1.2.2.4	Excavaciones varias en material común bajo agua .....	137
<b>600.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>137</b>
<b>600.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>137</b>
<b>600.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>138</b>
600.4.1	Generalidades .....	138
600.4.2	Excavaciones para cimentaciones de estructuras de concreto .....	140
600.4.2.1	Excavación .....	140
600.4.2.2	Ataguías y encofrados.....	141
600.4.2.3	Sello de concreto.....	142
600.4.2.4	Conservación de los cauces .....	142

600.4.3	Excavaciones para alcantarillas.....	143
600.4.4	Excavaciones para filtros.....	144
600.4.5	Excavaciones para gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, descoles y zanjas.....	144
600.4.6	Bombeo.....	144
600.4.7	Limpieza final.....	145
600.4.8	Limitaciones en la ejecución.....	145
600.4.9	Manejo ambiental y otras consideraciones.....	145
<b>600.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>146</b>
600.5.1	Controles.....	146
600.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias.....	146
<b>600.6</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>147</b>
<b>600.7</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>148</b>
<b>600.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO.....</b>	<b>149</b>
<b>610</b>	<b>ARTICULO 610 RELLENOS PARA ESTRUCTURAS.....</b>	<b>150</b>
<b>610.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN.....</b>	<b>150</b>
<b>610.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>150</b>
610.2.1	Suelos.....	150
610.2.2	Recebo.....	152
610.2.3	Materiales granulares tipo SBG o BG.....	152
610.2.4	Material granular filtrante.....	154
610.2.5	Gravilla.....	156
<b>610.3</b>	<b>EQUIPO.....</b>	<b>157</b>
<b>610.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>158</b>
610.4.1	Generalidades.....	158
610.4.2	Preparación de la superficie base de los rellenos.....	159
610.4.3	Extensión y compactación del material.....	159
610.4.4	Capas filtrantes.....	160
610.4.5	Acabado.....	160

610.4.6	Limitaciones en la ejecución .....	161
610.4.7	Manejo ambiental .....	161
<b>610.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>161</b>
610.5.1	Controles .....	161
610.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	162
610.5.2.1	Calidad de los materiales .....	162
610.5.2.2	Calidad del producto terminado .....	162
610.5.2.2.1	Compactación .....	163
610.5.2.2.2	Protección de la superficie del relleno .....	164
<b>610.6</b>	<b>MEDIDA .....</b>	<b>164</b>
<b>610.7</b>	<b>FORMA DE PAGO .....</b>	<b>164</b>
<b>610.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>166</b>
<b>621</b>	<b>ARTICULO 621 PILOTES PREEXCAVADOS .....</b>	<b>167</b>
<b>621.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>167</b>
<b>621.2</b>	<b>MATERIALES .....</b>	<b>167</b>
621.2.1	Concreto .....	167
621.2.2	Acero de refuerzo .....	167
621.2.3	Camisas de acero .....	168
621.2.4	Lodo de perforación .....	168
<b>621.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>170</b>
<b>621.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>170</b>
621.4.1	Procedimiento constructivo .....	170
621.4.2	Protección de estructuras existentes .....	171
621.4.3	Método de excavación .....	171
621.4.4	Verificación del fondo de la excavación .....	172
621.4.5	Hinca de camisas .....	172
621.4.6	Lodos de perforación .....	173
621.4.7	Inspección de la excavación .....	174
621.4.8	Construcción y colocación de la canasta de refuerzo .....	174

621.4.9	Colocación, curado y protección del concreto.....	175
621.4.10	Perforaciones de prueba para pilotes preexcavados .....	176
621.4.11	Pruebas de carga .....	177
621.4.12	Pruebas de integridad.....	177
621.4.13	Manejo ambiental .....	178
<b>621.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>178</b>
621.5.1	Controles .....	178
621.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	179
621.5.2.1	Calidad del concreto.....	179
621.5.2.1.1	Acero de refuerzo.....	179
621.5.2.2	Calidad de la suspensión .....	179
621.5.2.3	Camisas de acero .....	180
621.5.2.4	Tolerancias de construcción.....	180
621.5.2.5	Ensayos no destructivos .....	181
<b>621.6</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>182</b>
621.6.1	Pilotes preexcavados.....	182
621.6.2	Bases acampanadas .....	182
621.6.3	Perforaciones de prueba para pilotes .....	183
621.6.4	Perforaciones de prueba para bases acampanadas.....	183
621.6.5	Camisas permanentes.....	183
621.6.6	Pruebas de carga .....	183
621.6.7	Pruebas de integridad.....	183
<b>621.7</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>184</b>
621.7.1	Pilotes preexcavados.....	184
621.7.2	Bases acampanadas .....	184
621.7.3	Perforaciones de prueba para pilotes .....	185
621.7.4	Perforaciones de prueba para bases acampanadas.....	185
621.7.5	Camisas permanentes.....	185
621.7.6	Pruebas de carga .....	186
621.7.7	Pruebas de integridad.....	186

621.7.8	Otras consideraciones .....	186
<b>621.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>186</b>
<b>622</b>	<b>ARTÍCULO 622-P TABLESTACADOS.....</b>	<b>187</b>
<b>622.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>187</b>
622.1.1	Generalidades .....	187
622.1.2	Entibados .....	188
<b>622.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>189</b>
<b>622.3</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>190</b>
622.3.1	Entibados continuos de madera (entibado tipo i) .....	190
622.3.2	Entibados continuos de metálico entibado (tipo ii) .....	191
622.3.2.1	Tipos de entibados metálicos.....	193
622.3.2.2	Secuencia de instalación del entibado metálico .....	193
622.3.2.3	Retiro de entibados metálicos.....	196
<b>622.4</b>	<b>Listado de actividades generales para la construcción .....</b>	<b>198</b>
<b>622.5</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>198</b>
<b>622.6</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>198</b>
<b>622.7</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>200</b>
<b>623</b>	<b>ARTÍCULO 623-P ANCLAJES .....</b>	<b>201</b>
<b>623.1</b>	<b>ALCANCE DEL TRABAJO.....</b>	<b>201</b>
<b>623.2</b>	<b>EJECUCIÓN DEL TRABAJO .....</b>	<b>201</b>
<b>623.3</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>202</b>
623.3.1	Barras.....	202
623.3.2	Adhesivos.....	202
<b>623.4</b>	<b>EJECUCIÓN DEL TRABAJO .....</b>	<b>203</b>
<b>623.5</b>	<b>ENSAYOS.....</b>	<b>203</b>
623.5.1	Equipos .....	203
623.5.2	Ensayos preliminares .....	203
623.5.3	Ensayos durante la construcción .....	204
<b>623.6</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>204</b>

<b>623.7 FORMA DE PAGO.....</b>	<b>205</b>
<b>623.8 ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>205</b>
<b>630 ARTÍCULO 630 CONCRETO ESTRUCTURAL .....</b>	<b>206</b>
<b>630.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>206</b>
<b>630.2 MATERIALES.....</b>	<b>206</b>
630.2.1 Cemento.....	206
630.2.2 Agregados .....	206
630.2.2.1 Agregado fino .....	206
630.2.2.2 Agregado grueso.....	208
630.2.2.3 Reactividad.....	210
630.2.2.3.1 Evaluación de estructuras en servicio comparables .....	210
630.2.2.3.2 Inspección petrográfica .....	210
630.2.2.3.3 Reactividad álcali-sílice .....	211
630.2.2.3.4 Reactividad álcali-carbonatos .....	211
630.2.2.4 Agregado ciclópeo.....	212
630.2.3 Agua.....	212
630.2.4 Aditivos.....	213
630.2.5 Productos para el curado del concreto.....	214
630.2.5.1 Curado por humedad .....	214
630.2.5.2 Cubrimiento con películas líquidas .....	214
630.2.5.3 Cubrimiento con membranas.....	215
630.2.6 Clases de concreto.....	215
<b>630.3 EQUIPO .....</b>	<b>216</b>
630.3.1 Equipo para la elaboración de agregados.....	216
630.3.2 Central de fabricación de la mezcla .....	216
630.3.3 Mezcla en el sitio .....	218
630.3.4 Elementos de transporte.....	218
630.3.5 Formaleta y obra falsa .....	219
630.3.6 Elementos para la colocación del concreto.....	219
630.3.7 Vibradores .....	220

630.3.8	Equipos varios .....	220
<b>630.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>220</b>
630.4.1	Explotación de materiales y elaboración de agregados .....	220
630.4.2	Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.....	220
630.4.3	Preparación de la zona de los trabajos .....	223
630.4.4	Instalación de la formaleta y obra falsa.....	224
630.4.5	Fabricación de la mezcla .....	225
630.4.5.1	Almacenamiento de los agregados.....	225
630.4.5.2	Suministro y almacenamiento del cemento .....	225
630.4.5.3	Almacenamiento de aditivos .....	226
630.4.5.4	Elaboración de la mezcla .....	226
630.4.5.5	Mezclado en plantas estacionarias en el lugar de la obra .....	226
630.4.5.5.1	Mezclado en planta central .....	227
630.4.5.5.2	Mezclado en camiones mezcladores (mixer).....	227
630.4.5.5.3	Mezclado manual .....	228
630.4.5.5.4	Reblandamiento del concreto .....	229
630.4.6	Descarga, transporte y entrega de la mezcla.....	229
630.4.7	Preparación para la colocación del concreto .....	230
630.4.8	Colocación del concreto .....	231
630.4.8.1	Requisitos generales.....	231
630.4.8.2	Colocación por bombeo .....	233
630.4.8.3	Colocación del agregado ciclópeo .....	234
630.4.9	Colocación del concreto bajo agua .....	234
630.4.10	Vibración.....	235
630.4.11	Juntas.....	236
630.4.12	Agujeros para drenaje.....	236
630.4.13	Remoción de las formaletas y de la obra falsa.....	237
630.4.14	Acabado .....	238
630.4.14.1	Acabado ordinario .....	238
630.4.14.2	Acabado por frotado de superficie .....	239

630.4.14.3	Acabado de pisos de puentes .....	239
630.4.14.4	Acabado de losas de pisos .....	239
630.4.14.5	Acabado de andenes de concreto .....	240
630.4.15	Curado.....	240
630.4.16	Deterioros .....	241
630.4.17	Limpieza final.....	241
630.4.18	Limitaciones en la ejecución .....	241
630.4.19	Manejo ambiental .....	242
<b>630.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>242</b>
630.5.1	Controles .....	242
630.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	242
630.5.2.1	Calidad del cemento.....	242
630.5.2.2	Calidad del agua .....	243
630.5.2.3	Calidad de los agregados.....	243
630.5.2.4	Calidad de los aditivos y de los productos químicos de curado .....	243
630.5.2.5	Calidad de la mezcla .....	243
630.5.2.5.1	Dosificación .....	243
630.5.2.5.2	Consistencia .....	244
630.5.2.5.3	Resistencia .....	244
630.5.2.6	Calidad del producto terminado .....	246
630.5.2.7	Desviaciones máximas admisibles en las dimensiones laterales .....	246
630.5.2.7.1	Desplazamiento.....	247
630.5.2.7.2	Otras tolerancias .....	247
630.5.2.7.3	Regularidad de la superficie.....	247
630.5.2.8	Curado.....	247
<b>630.6</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>248</b>
<b>630.7</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>248</b>
<b>630.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>249</b>
<b>640</b>	<b>ARTÍCULO 640 ACERO DE REFUERZO.....</b>	<b>250</b>
<b>640.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>250</b>

640.1.1	Generalidades .....	250
<b>640.2</b>	<b>MATERIALES .....</b>	<b>250</b>
640.2.1	Barras de refuerzo .....	250
640.2.2	Mallas electrosoldadas .....	250
640.2.3	Masas teóricas de las barras de refuerzo .....	250
<b>640.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>252</b>
<b>640.1</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>252</b>
640.1.1	Planos y despiece .....	252
640.1.2	Suministro y almacenamiento .....	253
640.1.3	Doblamiento .....	253
640.1.4	Colocación y amarre .....	254
640.1.5	Traslapos y uniones .....	255
640.1.6	Cuantías del refuerzo .....	256
640.1.7	Sustituciones .....	256
640.1.8	Manejo ambiental .....	256
<b>640.1</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>257</b>
640.1.1	Controles .....	257
640.1.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	257
640.1.2.1	Calidad del producto terminado .....	258
640.1.2.1.1	Desviación en el espesor de recubrimiento: .....	258
640.1.2.1.2	Desviación en los espaciamientos prescritos: .....	258
640.1.2.1.3	Área .....	258
<b>640.2</b>	<b>MEDIDA .....</b>	<b>258</b>
<b>640.3</b>	<b>FORMA DE PAGO .....</b>	<b>259</b>
<b>640.4</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>260</b>
<b>661</b>	<b>ARTÍCULO 661 TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO .....</b>	<b>261</b>
<b>661.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>261</b>
<b>661.2</b>	<b>MATERIALES .....</b>	<b>261</b>
661.2.1	Tubería .....	261

661.2.2	Material para solado y atraque .....	261
661.2.3	Sello para juntas.....	262
<b>661.1</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>262</b>
<b>661.2</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>262</b>
661.2.1	Preparación de las condiciones de instalación de la tubería .....	262
661.2.2	Colocación del material de solado para la tubería .....	262
661.2.3	Colocación de la tubería .....	262
661.2.4	Juntas.....	263
661.2.5	Atraque.....	263
661.2.6	Rellenos .....	263
661.2.7	Limpieza .....	263
661.2.8	Manejo ambiental .....	263
<b>661.3</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>263</b>
661.3.1	Controles .....	263
661.3.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	264
661.3.2.1	Calidad de la tubería .....	264
661.3.2.2	Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto reforzado	266
661.3.2.3	Tolerancias en el refuerzo.....	266
661.3.2.3.1	Posición .....	266
661.3.2.3.2	Área de refuerzo.....	267
661.3.2.4	Material de solado y atraque .....	267
661.3.2.5	Concreto para solado y atraque .....	267
661.3.2.6	Calidad del producto terminado .....	268
<b>661.4</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>268</b>
<b>661.1</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>269</b>
<b>661.2</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>269</b>
<b>663</b>	<b>ARTÍCULO 663 TUBERÍA DE PLÁSTICO .....</b>	<b>270</b>
<b>663.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>270</b>
<b>663.1</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>270</b>

663.1.1	Tubería .....	270
663.1.2	Sello de juntas .....	270
663.1.3	Materiales de relleno .....	271
<b>663.1</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>271</b>
<b>663.2</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>271</b>
663.2.1	Preparación de las condiciones de instalación de la tubería .....	271
663.2.2	Colocación del material de solado para la tubería .....	271
663.2.3	Colocación de la tubería .....	272
663.2.4	Juntas.....	272
663.2.5	Relleno de atraque .....	272
663.2.6	Rellenos laterales y superiores.....	273
663.2.7	Limpieza .....	273
663.2.8	Manejo ambiental .....	273
<b>663.3</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>273</b>
663.3.1	Controles .....	273
663.3.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	274
663.3.2.1	Calidad de la tubería .....	274
663.3.2.2	Materiales de relleno .....	274
663.3.2.3	Calidad del producto terminado .....	274
<b>663.4</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>275</b>
<b>663.1</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>275</b>
<b>663.2</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>276</b>
<b>663</b>	<b>ARTÍCULO 663-P TUBERÍA DE PLÁSTICO TIPO PVC PERFORADA</b>	
	<b>278</b>	
<b>663.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>278</b>
663.1.1	Generalidades .....	278
663.1.2	Clasificación .....	278
<b>663.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>278</b>
<b>663.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>278</b>

<b>663.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>279</b>
<b>663.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>279</b>
<b>663.6 MEDIDA.....</b>	<b>280</b>
<b>663.7 FORMA DE PAGO.....</b>	<b>280</b>
<b>663.8 ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>280</b>
<b>663 ARTÍCULO 663-P.8 TUBERÍAS DE PLÁSTICO TIPO RIB STEEL PVC DE DIAMETRO 1600 MM CON PARED ESTRUCTURAL Y REFUERZO METALICO HELICOIDAL O SIMILAR.....</b>	<b>282</b>
<b>663.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>282</b>
663.1.1 Generalidades .....	282
<b>663.2 MATERIALES.....</b>	<b>282</b>
663.2.1 Tubería.....	282
663.2.2 Cimentación.....	283
663.2.3 Material para solado o relleno inicial y atraque .....	283
663.2.4 Relleno Final.....	284
663.2.5 Unión de la tubería. ....	285
<b>663.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>285</b>
663.3.1 Colocación de la tubería. ....	285
663.3.2 Instalación de la tubería.....	286
663.3.3 Manejo ambiental .....	287
<b>663.4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>287</b>
<b>663.5 MEDIDA.....</b>	<b>287</b>
<b>663.6 FORMA DE PAGO.....</b>	<b>288</b>
<b>663.7 ÍTEM DE PAGO.....</b>	<b>288</b>
<b>671 ARTÍCULO 671 CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO .....</b>	<b>289</b>
<b>671.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>289</b>
<b>671.2 MATERIALES.....</b>	<b>289</b>
671.2.1 Concreto para cunetas vaciadas in situ .....	289
671.2.2 Acero para cunetas vaciadas in situ .....	289

671.2.3	Piezas prefabricadas .....	289
671.2.4	Material de relleno para el acondicionamiento de la superficie de apoyo 290	
671.2.5	Sellante de juntas .....	290
671.2.6	Juntas con mortero entre piezas prefabricadas de concreto .....	290
<b>671.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>291</b>
<b>671.1</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>291</b>
671.1.1	Preparación de la superficie de apoyo .....	291
671.1.2	Elaboración del concreto .....	292
671.1.3	Cunetas vaciadas in situ .....	292
671.1.3.1	Colocación de formaletas para la construcción de cunetas vaciadas en obra 292	
671.1.3.2	Construcción de la cuneta .....	292
671.1.3.3	Remoción de las formaletas .....	293
671.1.3.4	Curado .....	293
671.1.4	Cunetas de piezas prefabricadas .....	293
671.1.5	Juntas .....	293
671.1.6	Limpieza final .....	294
671.1.7	Limitaciones de la ejecución .....	294
671.1.8	Manejo ambiental .....	294
<b>671.2</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>295</b>
671.2.1	Controles .....	295
671.2.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	295
671.2.2.1	Aspectos generales .....	295
671.2.2.2	Calidad del concreto .....	296
671.2.2.3	Cunetas vaciadas in situ .....	296
671.2.2.4	Cunetas con piezas prefabricadas .....	296
<b>671.3</b>	<b>MEDIDA .....</b>	<b>297</b>
671.3.1	Cunetas vaciadas in situ .....	297
671.3.2	Cunetas de piezas prefabricadas .....	297

<b>671.4 FORMA DE PAGO .....</b>	<b>298</b>
<b>671.5 ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>299</b>
<b>671 ARTÍCULO 671-P CUNETAS EN PIEDRA PEGADA .....</b>	<b>300</b>
<b>671.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>300</b>
<b>671.2 MATERIALES.....</b>	<b>300</b>
671.2.1 Concreto .....	300
671.2.2 Material de llenado - piedras.....	300
671.2.3 Geomembrana.....	300
671.2.4 Material de relleno para el acondicionamiento de la superficie .	301
671.2.5 Sellante de juntas .....	301
671.2.6 Pegante entre piezas prefabricadas de concreto.....	301
<b>671.3 EQUIPO .....</b>	<b>302</b>
<b>671.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>302</b>
671.4.1 Acondicionamiento de la cuneta en tierra .....	302
671.4.2 Elaboración del concreto .....	303
671.4.3 Cunetas fundidas en el lugar .....	303
671.4.3.1 Colocación de formaletas para la construcción de cunetas fundidas en obra	303
671.4.3.2 Construcción de la cuneta.....	303
671.4.3.3 Remoción de las formaletas.....	304
671.4.3.4 Curado.....	304
671.4.4 Juntas .....	304
671.4.5 Limpieza final .....	305
671.4.6 Limitaciones en la ejecución.....	305
671.4.7 Manejo ambiental.....	305
<b>671.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>305</b>
671.5.1 Controles .....	305
671.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	306
<b>671.6 MEDIDA .....</b>	<b>307</b>
671.6.1 Cunetas fundidas en el lugar .....	307

<b>671.7</b>	<b>FORMA DE PAGO .....</b>	<b>307</b>
<b>671.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>308</b>
<b>673</b>	<b>ARTÍCULO 673 GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR.....</b>	<b>309</b>
<b>673.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>309</b>
<b>673.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>309</b>
673.2.1	Geotextil.....	309
673.2.1.1	Propiedades mecánicas .....	311
673.2.1.2	Propiedades hidráulicas y de filtración.....	311
673.2.1.3	Control de calidad de la producción .....	312
673.2.2	Material granular drenante .....	313
673.2.2.1	Granulometría .....	313
673.2.2.2	Calidad de las partículas minerales .....	313
673.2.3	Material de cobertura .....	313
<b>673.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>314</b>
<b>673.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>314</b>
673.4.1	Generalidades .....	314
673.4.2	Preparación del terreno.....	315
673.4.3	Condiciones normales de instalación del geotextil .....	315
673.4.4	Elaboración de costuras.....	315
673.4.5	Colocación del material granular drenante.....	316
673.4.6	Cobertura del subdrén .....	317
673.4.7	Control del tránsito .....	317
673.4.8	Limitaciones en la ejecución .....	317
673.4.9	Reparaciones .....	318
673.4.10	Manejo ambiental .....	318
<b>673.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>318</b>
673.5.1	Controles .....	318
673.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	319
673.5.2.1	Calidad del geotextil .....	319

<b>673.6 MEDIDA</b> .....	<b>321</b>
673.6.1 Geotextil.....	321
673.6.2 Material granular drenante.....	321
673.6.3 Materiales de cobertura .....	321
<b>673.7 FORMA DE PAGO</b> .....	<b>322</b>
<b>673.8 ÍTEM DE PAGO</b> .....	<b>322</b>
<b>674 ARTÍCULO 674 DRENES HORIZONTALES EN TALUDES</b> .....	<b>324</b>
<b>674.1 DESCRIPCIÓN</b> .....	<b>324</b>
<b>674.2 MATERIALES</b> .....	<b>324</b>
<b>674.1 EQUIPO</b> .....	<b>324</b>
<b>674.2 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>325</b>
674.2.1 Trabajos previos.....	325
674.2.2 Ejecución de las perforaciones e instalación del dren.....	325
674.2.3 Limitaciones en la ejecución .....	326
674.2.4 Manejo ambiental .....	327
<b>674.3 CONDICIONES PARA EL DÍA DE LOS TRABAJO</b> .....	<b>327</b>
674.3.1 Controles .....	327
674.3.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	328
674.3.2.1 Calidad de los materiales .....	328
674.3.2.1.1 Tubos de PVC .....	328
674.3.2.1.2 Geotextil .....	328
674.3.2.2 Calidad del producto terminado .....	328
<b>674.4 MEDIDA</b> .....	<b>329</b>
<b>674.5 FORMA DE PAGO</b> .....	<b>329</b>
<b>674.6 ÍTEM DE PAGO</b> .....	<b>329</b>
<b>677 ARTÍCULO 677-P GEOMEMBRANA HDPE</b> .....	<b>330</b>
<b>677.1 DESCRIPCIÓN</b> .....	<b>330</b>
<b>677.2 MATERIALES Y EQUIPOS</b> .....	<b>330</b>
<b>677.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>330</b>

<b>677.4 OBSERVACIONES</b> .....	<b>330</b>
<b>677.5 MEDIDA Y FORMA DE PAGO</b> .....	<b>330</b>
<b>6.6. ÍTEM DE PAGO</b> .....	<b>331</b>
<b>681 ARTÍCULO 681 GAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO</b> .....	<b>332</b>
<b>681.1 DESCRIPCIÓN</b> .....	<b>332</b>
<b>681.2 MATERIALES</b> .....	<b>332</b>
681.2.1 Canastas metálicas .....	332
681.2.1.1 Requisitos.....	332
681.2.2 Clasificación .....	332
681.2.2.1 Características del alambre.....	333
681.2.2.1.1 Resistencia a la tensión .....	333
681.2.2.1.2 Diámetro de los alambres .....	334
681.2.2.1.3 Recubrimiento metálico.....	334
681.2.2.1.4 Recubrimiento en PVC.....	335
681.2.2.2 Características de la malla para gavión .....	336
681.2.3 Material de llenado - piedras.....	338
681.2.4 Geotextil de separación .....	338
<b>681.3 EQUIPO</b> .....	<b>339</b>
<b>681.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>339</b>
681.4.1 Generalidades .....	339
681.4.2 Preparación de la superficie de apoyo .....	340
681.4.3 Colocación del geotextil de separación sobre la superficie de apoyo	340
681.4.4 Colocación y ensamble de las canastas .....	341
681.4.5 Llenado y atirantado de las canastas .....	341
681.4.6 Costura y cierre .....	342
681.4.7 Colocación del geotextil de separación detrás de las canastas	343
681.4.8 Limitaciones en la ejecución .....	344

681.4.9	Manejo ambiental .....	344
<b>681.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>344</b>
681.5.1	Controles .....	344
681.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	345
681.5.3	681.5.2.1 Calidad de las canastas .....	345
681.5.4	Tolerancias en las canastas metálicas.....	345
681.5.4.1	Calidad de los materiales de llenado de los gaviones .....	346
<b>681.6</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>346</b>
<b>681.1</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>347</b>
<b>681.2</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>348</b>
<b>690</b>	<b>ARTÍCULO 690 IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS.....</b>	<b>349</b>
<b>690.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>349</b>
<b>690.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>349</b>
690.2.1	Láminas impermeabilizantes para tableros.....	349
690.2.2	Impermeabilizantes de paramentos de estructuras .....	349
<b>690.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>350</b>
<b>690.1</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>350</b>
690.1.1	Preparación de la superficie .....	350
690.1.2	Impermeabilización de tableros .....	351
690.1.3	Impermeabilización de paramentos de estructuras .....	351
690.1.4	Manejo ambiental .....	352
<b>690.2</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>352</b>
690.2.1	Controles .....	352
690.2.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	352
<b>690.3</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>352</b>
<b>690.4</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>353</b>
<b>690.5</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>353</b>
<b>810</b>	<b>ARTÍCULO 810 PROTECCIÓN VEGETAL DE TALUDES.....</b>	<b>354</b>
<b>810.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>354</b>

<b>810.2 MATERIALES</b> .....	<b>354</b>
810.2.1 Bloques de césped.....	354
810.2.2 Tierra orgánica .....	355
810.2.3 Materiales para protección con hidrosiembra .....	355
810.2.3.1 Semillas .....	355
810.2.3.2 Fibra o mulch hidráulico .....	355
810.2.3.3 Fijador o aglomerante estabilizador .....	356
810.2.3.4 Agua de mezcla para la hidrosiembra.....	356
810.2.4 Fertilizantes e insecticidas .....	356
810.2.5 Agua para riego .....	356
<b>810.1 EQUIPO</b> .....	<b>357</b>
<b>810.2 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>357</b>
810.2.1 Momento para la colocación de la protección del talud.....	357
810.2.2 Preparación de la superficie existente.....	358
810.2.3 Protección mediante trasplante de césped .....	359
810.2.4 Protección del talud con tierra orgánica (material vegetal) ....	359
810.2.5 Protección mediante hidrosiembra controlada .....	360
810.2.6 Fertilización .....	360
810.2.7 Riego y conservación .....	360
810.2.8 Manejo ambiental .....	361
<b>810.3 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>361</b>
810.3.1 Controles .....	361
810.3.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	362
<b>810.4 MEDIDA</b> .....	<b>363</b>
<b>810.1 FORMA DE PAGO</b> .....	<b>363</b>
<b>810.2 ÍTEM DE PAGO</b> .....	<b>363</b>
<b>812 ARTÍCULO 812 RECUBRIMIENTO DE TALUDES CON MALLA Y MORTERO</b> .....	<b>364</b>
<b>812.1 DESCRIPCIÓN</b> .....	<b>364</b>
<b>812.2 MATERIALES</b> .....	<b>364</b>

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

812.2.1	Malla de alambres de acero.....	364
812.2.2	Cemento hidráulico .....	364
812.2.3	Agregado .....	364
812.2.3.1	Granulometría .....	365
812.2.3.2	Calidad .....	365
812.2.3.3	Reactividad.....	365
812.2.4	Agua.....	366
<b>812.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>367</b>
812.3.1	Equipo para la fabricación y transporte del mortero .....	367
812.3.2	Formaleta y obra falsa .....	367
812.3.3	Elementos para la colocación del concreto.....	367
<b>812.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>367</b>
812.4.1	Explotación de materiales y elaboración de agregados .....	367
812.4.2	Formaletas y obra falsa .....	368
812.4.3	Colocación de la malla.....	368
812.4.4	Fabricación del mortero .....	368
812.4.4.1	Almacenamiento de los agregados.....	368
812.4.4.2	Suministro y almacenamiento del cemento .....	369
812.4.4.3	Elaboración del mortero .....	369
812.4.5	Descarga, transporte y aplicación del mortero.....	370
812.4.6	Juntas.....	370
812.4.7	Agujeros para drenaje .....	371
812.4.8	Curado.....	371
812.4.8.1	Generalidades .....	371
812.4.8.2	Curado con agua.....	371
812.4.9	Limpieza final.....	371
812.4.10	Limitaciones en la ejecución .....	372
812.4.11	Reparaciones .....	372
812.4.12	Manejo ambiental .....	372
<b>812.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>372</b>

812.5.1	Controles .....	372
812.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	373
812.5.2.1	Calidad del cemento.....	373
812.5.2.2	Calidad del agua .....	373
812.5.2.3	Calidad de los agregados.....	373
812.5.2.4	Calidad de la mezcla .....	374
812.5.2.4.1	Dosificación .....	374
<b>812.6</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>374</b>
<b>812.7</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>375</b>
<b>812.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>375</b>
<b>820</b>	<b>ARTÍCULO 820-P TRINCHOS EN GUADUA.....</b>	<b>376</b>
<b>820.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>376</b>
<b>820.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>376</b>
820.2.1	Trinchos de madera o guadua.....	376
820.2.2	Rellenos para trincho. ....	377
820.2.3	Geotextil. ....	377
<b>820.3</b>	<b>EQUIPO .....</b>	<b>377</b>
<b>820.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>378</b>
820.4.1	Condiciones generales.....	378
820.4.2	Suministro, manejo y almacenamiento .....	378
820.4.3	Recortes .....	380
820.4.4	Excavación .....	380
820.4.5	Instalación del geotextil y Relleno. ....	381
820.4.6	Limpieza .....	381
820.4.7	Manejo ambiental .....	381
<b>820.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>381</b>
820.5.1	Controles .....	381
820.5.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	382
820.5.2.1	Calidad de los materiales .....	382
820.5.2.2	Dimensiones, forma y peso.....	382

<b>820.6 MEDIDA</b> .....	<b>382</b>
820.6.1 Trinchos .....	382
<b>820.7 FORMA DE PAGO</b> .....	<b>383</b>
<b>820.8 ÍTEM DE PAGO</b> .....	<b>384</b>
<b>821 ARTÍCULO 821-P. MICROPILOTES CON BARRAS AUTOPERFORANTES</b> .....	<b>385</b>
<b>821.1 DESCRIPCIÓN</b> .....	<b>385</b>
821.1.1 Generalidades .....	385
821.1.1.1 Definiciones .....	385
<b>821.2 MATERIALES</b> .....	<b>386</b>
821.2.1 Cemento .....	386
821.2.2 Agua.....	387
821.2.3 Arena .....	387
821.2.4 Aditivo .....	387
821.2.5 Otros aditivos.....	388
821.2.6 Tuberías y accesorios metálicos .....	388
821.2.7 Proporción de mezclas.....	388
<b>821.3 EQUIPO</b> .....	<b>389</b>
821.3.1 Personal.....	389
821.3.2 Equipos.....	389
821.3.2.1 Equipo para inyecciones .....	390
<b>821.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>392</b>
821.4.1 Dirección de los trabajos.....	392
821.4.2 Perforaciones .....	392
821.4.3 Perforaciones para micropilotes .....	393
821.4.4 Registros.....	393
821.4.5 Terminación la inyección .....	395
821.4.6 Reparación y limpieza.....	395
821.4.7 Registros de las inyecciones.....	395

<b>821.5 MEDIDA</b> .....	<b>396</b>
821.5.1 Trabajos que no tendrán medida ni pago por separado.....	396
<b>821.6 PAGO</b> .....	<b>397</b>
821.6.1 Requisitos para la medida y pago .....	399
<b>821.7 ÍTEM DE PAGO</b> .....	<b>400</b>
<b>822 ARTÍCULO 822-P. – EMPRADIZACION 10% DEL ÁREA DEL RELLENO</b> .....	<b>401</b>
<b>822.1 DESCRIPCIÓN</b> .....	<b>401</b>
<b>822.2 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>401</b>
<b>822.3 MEDIDA</b> .....	<b>403</b>
<b>822.4 FORMA DE PAGO</b> .....	<b>403</b>
<b>822.5 ÍTEM DE PAGO</b> .....	<b>404</b>
<b>900 ARTICULO 900 TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE EXCAVACIONES Y DERRUMBES</b> .....	<b>405</b>
<b>900.1 DESCRIPCIÓN</b> .....	<b>405</b>
<b>900.2 MATERIALES</b> .....	<b>405</b>
900.2.1 Materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos.....	405
900.2.2 Materiales provenientes de derrumbes .....	405
<b>900.3 EQUIPO</b> .....	<b>406</b>
<b>900.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>406</b>
900.4.1 Transporte de los materiales .....	406
900.4.2 Manejo ambiental .....	406
<b>900.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>407</b>
900.5.1 Controles .....	407
900.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	407
<b>900.6 MEDIDA</b> .....	<b>408</b>
900.6.1 Materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos.....	408
900.6.2 Materiales provenientes de derrumbes .....	409

<b>900.7 FORMA DE PAGO.....</b>	<b>409</b>
<b>900.8 ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>410</b>
<b>920 ARTÍCULO 920-P. CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN EN ZONAS DE DEPÓSITO .....</b>	<b>412</b>
<b>920.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>412</b>
<b>920.2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO .....</b>	<b>412</b>
920.2.1 Preparación del terreno.....	412
920.2.2 Construcción del cuerpo del depósito .....	413
920.2.3 Acabado de la corona del depósito .....	413
920.2.4 Estabilidad .....	414
920.2.5 Manejo ambiental .....	414
<b>920.3 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>414</b>
<b>920.4 MEDIDA.....</b>	<b>415</b>
<b>920.5 FORMA DE PAGO.....</b>	<b>416</b>
<b>920.6 ITEMS DE PAGO.....</b>	<b>417</b>
<b>950 ARTÍCULO 950-P. CAPA DE ARENA INTERMEDIA.....</b>	<b>418</b>
<b>950.1 CONSTRUCCIÓN DEL CUERPO DEL DEPÓSITO.....</b>	<b>418</b>
950.1.1 Capas drenantes intermedias .....	418
950.1.2 Manto de drenaje en contacto con la cimentación .....	418
<b>950.2 MEDIDA.....</b>	<b>418</b>
<b>950.1 FORMA DE PAGO.....</b>	<b>419</b>
<b>950.2 ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>419</b>
<b>960 ARTÍCULO 960-P.1 SIKAGUARD-61 RECUBRIMIENTO PROTECTOR EPÓXICO APLICABLE EN ELEMENTOS DE CONCRETO BAJO AGUA O PRODUCTO EQUIVALENTE .....</b>	<b>420</b>
<b>960.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>420</b>
<b>960.2 MATERIALES.....</b>	<b>420</b>
<b>960.3 EQUIPOS.....</b>	<b>420</b>
<b>960.4 EJECUCIÓN DE OS TRABAJOS.....</b>	<b>420</b>

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

960.4.1	Procedimiento de ejecución:.....	420
960.4.2	Aplicación: .....	420
<b>960.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>421</b>
960.5.1	Tratamiento de curado.....	421
960.5.2	Consumo .....	421
960.5.3	Tolerancias para aceptación:.....	421
960.5.4	Otras normas y especificaciones: .....	421
<b>960.6</b>	<b>MEDIDA .....</b>	<b>421</b>
<b>960.7</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>421</b>
<b>960.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>421</b>
<b>960</b>	<b>ARTÍCULO 960-P.2 SIKATOP - 122 - MORTERO DE REPARACIÓN, MODIFICADO CON POLÍMEROS, PARA REPARACIONES ESTRUCTURALES O PRODUCTO EQUIVALENTE.....</b>	<b>422</b>
<b>960.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>422</b>
960.1.1	Descripción:.....	422
<b>960.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>422</b>
<b>960.3</b>	<b>EQUIPOS.....</b>	<b>422</b>
<b>960.4</b>	<b>EJECUCIÓN DE OS TRABAJOS.....</b>	<b>422</b>
960.4.1	Aplicación: .....	423
<b>960.5</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>423</b>
960.5.1	Tratamiento de curado:.....	423
960.5.2	Consumo .....	424
960.5.3	Ensayos a realizar: .....	424
960.5.4	Tolerancias para aceptación:.....	424
960.5.5	Otras normas y especificaciones: .....	424
<b>960.6</b>	<b>MEDIDA .....</b>	<b>424</b>
<b>960.7</b>	<b>FORMA DE PAGO: .....</b>	<b>424</b>
<b>960.8</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>424</b>
<b>970</b>	<b>ARTÍCULO 970-P.1. SUMINISTRO TRANSPORTE E INSTALACIÓN TAPA CIRCULAR D=0.6 M PARA CÁMARA DE INSPECCIÓN F900.....</b>	<b>425</b>

<b>970.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>425</b>
970.1.1 Generalidades .....	425
<b>970.2 MATERIALES.....</b>	<b>425</b>
970.2.1 Capacidad de carga Categoría 6 (clase mín. F 900):.....	425
970.2.2 Peso: .....	425
970.2.3 Dimensiones:.....	426
970.2.4 Requisitos técnicos de acabados y recubrimiento .....	426
970.2.5 Rótulo.....	427
970.2.6 Requisitos técnicos de desempeño .....	427
<b>970.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>427</b>
970.3.1 Instalación .....	427
970.3.2 Elaboración del concreto .....	428
970.3.3 Curado del concreto .....	428
970.3.4 Limpieza final.....	428
970.3.5 Limitaciones de la ejecución.....	429
<b>970.4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>429</b>
970.4.1 Controles .....	429
970.4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	429
970.4.2.1 Aspectos generales.....	429
970.4.2.2 Calidad del concreto.....	429
<b>970.5 MEDIDA.....</b>	<b>430</b>
<b>970.6 FORMA DE PAGO.....</b>	<b>430</b>
<b>970.7 ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>431</b>
<b>970 ARTÍCULO 970-P-2. SUMINISTRO TRANSPORTE E INSTALACIÓN</b>	
<b>REJA PARA CÁRCAMO APERTURA LIBRE 1000 MM X 450 MM, F900</b>	<b>432</b>
<b>970.1 DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>432</b>
<b>970.2 MATERIALES.....</b>	<b>432</b>
970.2.1 Capacidad de carga Categoría 6 (clase mín. F 900):.....	432
970.2.2 Peso: .....	432

970.2.3	Dimensiones:.....	432
970.2.4	Requisitos técnicos de acabados y recubrimiento .....	433
970.2.5	Rótulo .....	433
<b>970.3</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>434</b>
970.3.1	Instalación .....	434
970.3.2	Elaboración del concreto .....	435
970.3.3	Curado del concreto .....	435
970.3.4	Limpieza final.....	436
970.3.5	Limitaciones de la ejecución .....	436
<b>970.4</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>436</b>
970.4.1	Controles .....	436
970.4.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	436
970.4.2.1	Aspectos generales.....	436
970.4.2.2	Calidad del concreto.....	436
<b>970.5</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>437</b>
<b>970.6</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>437</b>
<b>970.7</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>438</b>
<b>970</b>	<b>ARTÍCULO 970-P.3. SUMINISTRO TRANSPORTE E INSTALACIÓN REJA PARA SUMIDERO TIPO B .....</b>	<b>439</b>
<b>970.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>439</b>
<b>970.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>439</b>
970.2.1	Característica técnica exigida .....	439
970.2.2	Características técnicas geométricas rejilla tipo B .....	440
970.2.3	Pruebas y ensayos .....	441
970.2.4	Rotulo y empaque .....	441
970.2.5	Documentos técnicos solicitados con la oferta.....	441
970.2.6	Documentos técnicos solicitados con la entrega del producto .....	442
<b>970.3</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>442</b>
970.3.1	Instalación .....	442

970.3.2	Elaboración del concreto .....	443
970.3.3	Curado del concreto .....	443
970.3.4	Limpieza final.....	443
970.3.5	Limitaciones de la ejecución .....	444
<b>970.4</b>	<b>CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>444</b>
970.4.1	Controles .....	444
970.4.2	Condiciones específicas para el recibo y tolerancias .....	444
970.4.2.1	Aspectos generales.....	444
970.4.2.2	Calidad del concreto.....	444
<b>970.5</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>445</b>
<b>970.6</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>445</b>
<b>970.7</b>	<b>ÍTEM DE PAGO .....</b>	<b>446</b>
<b>980</b>	<b>ARTICULO 980-P. – SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y LECTURA DE PIEZÓMETROS DE HILO VIBRÁTIL.....</b>	<b>447</b>
<b>980.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN .....</b>	<b>447</b>
<b>980.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>447</b>
980.2.1	Piezómetros de hilo vibrátil .....	447
<b>980.3</b>	<b>EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>449</b>
980.3.1	Condiciones previas a la instalación .....	450
980.3.2	Procedimiento para la instalación .....	451
980.3.3	Procedimiento para la toma de lecturas.....	452
980.3.4	Cálculo de las lecturas.....	452
980.3.5	Interpretación de las lecturas.....	453
980.3.6	Ensayos complementarios a ser realizados y sus frecuencias.....	454
980.3.7	Control y seguimiento de los piezómetros. ....	454
<b>980.4</b>	<b>CONDICIONES ESPECÍFICAS PARA EL RECIBO Y TOLERANCIAS</b>	<b>454</b>
<b>980.5</b>	<b>MEDIDA.....</b>	<b>455</b>
<b>980.6</b>	<b>FORMA DE PAGO.....</b>	<b>455</b>
<b>980.7</b>	<b>ITEM DE PAGO .....</b>	<b>456</b>

<b>1110</b>	<b>ARTICULO 1110 CONTROL DE LA VEGETACIÓN .....</b>	<b>457</b>
1110.1	DESCRIPCIÓN .....	457
1110.2	MATERIALES.....	457
1110.3	PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN.....	457
1110.4	ACEPTACIÓN DEL TRABAJO .....	458
1110.5	MEDIDA Y PAGO .....	458
1110.6	ITEM DE PAGO .....	459
<b>1410</b>	<b>ARTICULO 1410 MANTENIMIENTO DEL DRENAJE SUPERFICIAL LONGITUDINAL .....</b>	<b>460</b>
1410.1	DESCRIPCIÓN .....	460
1410.1	MATERIALES.....	460
1410.2	PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN.....	460
1410.3	ACEPTACIÓN DEL TRABAJO .....	460
1410.1	MEDIDA Y PAGO .....	461
1410.2	ITEM DE PAGO .....	461
<b>1420</b>	<b>ARTICULO 1420 MANTENIMIENTO DEL DRENAJE SUPERFICIAL TRANSVERSAL (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2016) 463</b>	
1420.1	DESCRIPCIÓN .....	463
1420.2	MATERIALES.....	463
1420.1	PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN.....	463
1420.2	ACEPTACIÓN DEL TRABAJO .....	464
1420.3	MEDIDA Y PAGO .....	464
1420.4	ITEM DE PAGO .....	464
	<b>Referencias.....</b>	<b>465</b>

## Lista de tablas

Tabla 1 Límite de áreas para desmonte y limpieza.....	47
Tabla 2 Otros requisitos granulométricos del material para pedraplenes .....	90
Tabla 3 Verificaciones periódicas de calidad de los materiales .....	96
Tabla 4 Uso típico de las diferentes clases de base granular .....	100
Tabla 5 Requisitos de los agregados para bases granulares .....	101
Tabla 6 Franjas granulométricas del material de base granular .....	102

Tabla 7 Verificaciones periódicas de la calidad del material de base granular .....	109
Tabla 8 Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados .....	110
Tabla 9 Clases de suelo - cemento.....	116
Tabla 10 Franjas granulométricas para material filtrante .....	117
Tabla 11 Criterios de diseño para la mezcla de suelo-cemento .....	119
Tabla 12 Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar .....	129
Tabla 13 Requisitos de los suelos para rellenos de estructuras .....	151
Tabla 14 Requisitos para material de recebo .....	153
Tabla 15 Franjas granulométricas para material de recebo .....	153
Tabla 16 Requisitos para materiales granulares tipo SBG o BG .....	154
Tabla 17 Franjas granulométricas para materiales granulares tipo SBG o BG .....	154
Tabla 18 Requisitos de los agregados para material granular filtrante .....	155
Tabla 19 Franjas granulométricas para material granular filtrante .....	156
Tabla 20 Requisitos para gravilla de rellenos para estructuras .....	156
Tabla 21 Franja granulométrica para gravilla de rellenos para estructuras	157
Tabla 22 Requisitos para arena de rellenos para estructuras.....	157
Tabla 23 Granulometría para arena de rellenos para estructuras .....	158
Tabla 24 Requisitos de asentamiento para concreto de pilotes preexcavados .....	168
Tabla 25 Características de la suspensión mineral para lodos de perforación .....	169
Tabla 26 Normas de referencia para pruebas de carga de pilotes .....	177
Tabla 27 Normas de referencia para pruebas de integridad de pilotes.....	178
Tabla 28 Requisitos del agregado fino para concreto estructural .....	207
Tabla 29 Granulometría del agregado fino para concreto estructural .....	208
Tabla 30 Requisitos del agregado grueso para concreto estructural .....	209

Tabla 31 Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural .....	209
Tabla 32 Requisitos para el agua de mezcla .....	212
Tabla 33 Valores mínimos de resistencia del concreto estructural .....	216
Tabla 34 Límites para el asentamiento del concreto.....	221
Tabla 35 Pendientes máximas de equipos según el asentamiento de concreto .....	232
Tabla 36 Tiempo mínimo para remoción de formaletas y soportes .....	237
Tabla 37 Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en octavos de pulgada).....	251
Tabla 38 Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en milímetros) .....	251
Tabla 39 Diámetro mínimo de doblamiento .....	254
Tabla 40 Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto reforzado.....	266
Tabla 41 Valores piedra triturada.....	283
Tabla 42 Dimensiones de zanja para cada diámetro .....	286
Tabla 43 Tolerancia para las dimensiones de las piezas prefabricadas .....	290
Tabla 44 Granulometría del agregado para mortero.....	291
Tabla 45 Tolerancia para las dimensiones de las piezas prefabricadas .....	301
Tabla 46 Granulometría del agregado fino para mortero .....	302
Tabla 47 Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR (Medidas en el sentido más débil del geotextil) .....	311
Tabla 48 Propiedades hidráulicas y de filtración mínimas del geotextil en términos de VMPR.....	312
Tabla 49 Requisitos del material granular drenante.....	314
Tabla 50 Clases de gaviones según el tipo de recubrimiento del alambre .	333
Tabla 51 Diámetro mínimo nominal de los alambres .....	334
Tabla 52 Masa mínima del recubrimiento metálico del alambre .....	335

Tabla 53 Diámetro del mandril para la prueba de adherencia del recubrimiento metálico .....	335
Tabla 54 Espesor del recubrimiento de PVC .....	336
Tabla 55 Medidas nominales y número de celdas de los gaviones .....	337
Tabla 56 Resistencia mínima de la malla y las conexiones .....	338
Tabla 57 Características del material granular para llenado de gaviones (piedras).....	339
Tabla 58 Requisitos para láminas impermeabilizantes para tableros .....	349
Tabla 59 Requisitos para material impermeabilizante para paramentos ....	350
Tabla 60 Tipos generales de mallas de acero para protección de taludes .	364
Tabla 61 Requisitos granulométricos del agregado para mortero de recubrimiento de taludes.....	365
Tabla 62 Requisitos de calidad del agregado para mortero de recubrimiento de taludes .....	366
Tabla 63 Tolerancias en puntos de porcentaje sobre la dosificación en masa de la mezcla de mortero .....	374
Tabla 64 Límites de gradación.....	387
Tabla 65 Granulometría para manto de drenaje .....	418
Tabla 66 Para suelos duros y medios.....	451
Tabla 67 Para suelos blandos.....	451

## Introducción

Las especificaciones contenidas en el presente documento son la combinación de las Especificaciones generales de construcción de carreteras (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), del Manual de mantenimiento de carreteras (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y de las especificaciones particulares realizadas por el equipo de diseño del proyecto.

Para la adecuada interpretación de este informe, es necesario tener a la mano las Especificaciones generales de construcción de carreteras (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y el Manual de mantenimiento de carreteras (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) ya que se puede dar que unos artículos que se mencionan a lo largo del documento no estén incluidos en el mismo, como los son:

Artículo 105 “Desarrollo y control de los trabajos”

Artículo 106 “Aspectos Ambientales”

Artículo 107 “Control y aceptación de los trabajos”

Artículo 203 "Trasplante de árboles"

Artículo 211 “Remoción de derrumbes”

Artículo 220 "Terraplenes"

Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas”

Artículo 320 “Sub-base granular”

Artículo 422 “Riego de curado”

Artículo 500 “Pavimento de concreto hidráulico”

Artículo 501 “Suministro de cemento hidráulico”

Artículos 660 “Tubería de concreto simple”

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Artículo 662 “Tubería metálica corrugada”

Artículo 632 “Barandas en concreto”

Artículo 641 “Acero de preesfuerzo”

## **200 ARTÍCULO 200 DESMONTE Y LIMPIEZA**

### **200.1 DESCRIPCIÓN**

#### 200.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en el desmonte y limpieza del terreno natural en las áreas que ocuparán las obras del proyecto vial y las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, que se encuentren cubiertas de rastrojo, maleza, bosque, pastos, cultivos, etc., incluyendo la remoción de tocones, raíces, escombros y basuras, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los demás trabajos.

El trabajo incluye el retiro y la disposición final dentro o fuera de la zona del proyecto, de todos los materiales provenientes de las operaciones de desmonte y limpieza, previa autorización del Interventor, atendiendo las normas y disposiciones legales vigentes.

#### 200.1.2 Clasificación

El desmonte y limpieza se clasificará de acuerdo con los siguientes criterios:

##### 200.1.2.1 Desmonte y limpieza en bosque

Comprende la tala de árboles, remoción de tocones, desraíce y limpieza de las zonas donde la vegetación se presenta en forma de bosque continuo.

##### 200.1.2.2 Desmonte y limpieza en zonas no boscosas

Comprende el desraíce y la limpieza en zonas cubiertas de pastos, rastrojo, maleza, escombros, cultivos y arbustos.

También comprende la remoción total de árboles aislados o grupos de árboles dentro de superficies que no presenten características de bosque continuo.

### **200.2 MATERIALES**

Los materiales obtenidos como resultado de la ejecución de los trabajos de desmonte y limpieza, se dispondrán de acuerdo con lo establecido en el numeral 200.4.4.

### **200.3 EQUIPO**

El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de desmonte y limpieza deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y su eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de esta especificación.

### **200.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

#### 200.4.1 Desmonte y limpieza

Los trabajos de desmonte y limpieza se deberán efectuar en todas las zonas señaladas en los planos o indicadas por el Interventor y de acuerdo con procedimientos aprobados por éste, tomando las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad satisfactorias. Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo diferente, dichas zonas deberán abarcar, como mínimo, los límites indicados en la Tabla 1.

Por ningún motivo se permitirá el procedimiento de desmonte mediante quema, así sea controlada. Tampoco se permitirá el uso de herbicidas sin previo permiso de la autoridad ambiental competente.

Para evitar daños en las propiedades adyacentes o en los árboles que deban permanecer en su lugar, se procurará que los árboles que han de ser derribados caigan en el centro de la zona objeto de limpieza, troceándolos por su copa y tronco progresivamente, cuando así lo exija el Interventor.

Las ramas de los árboles que se extiendan sobre el área que, según el proyecto, vaya a estar ocupada por la corona de la vía, deberán ser cortadas o podadas para dejar un claro mínimo de seis metros (6 m), a partir del borde de la superficie de la misma.

Tabla 1 Límite de áreas para desmonte y limpieza

TIPO DE ZONA	LÍMITE ÁREA
Áreas de fundación de terraplenes.	Hasta 1.00 m más afuera del pie del terraplén.
Áreas de excavación.	Hasta 1.00 m más afuera de los bordes superiores.
Fajas de emplazamiento de canales, zanjas y otras obras de drenaje.	Hasta 0.50 m más afuera de las líneas de borde.
Áreas de excavación para fundaciones de estructuras.	Hasta 1.00 m más afuera de las líneas de excavación.
Áreas de emplazamiento de las cercas que delimitan la faja de derecho de vía.	En 1.00 m de ancho.
Áreas de cauce de escurrimientos naturales.	Toda el área dentro de los límites definidos por el proyecto.

#### 200.4.2 Remoción de tocones y raíces

En aquellas áreas donde se deban efectuar trabajos de excavación, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deberán ser removidos hasta una profundidad no menor de sesenta centímetros (60 cm), contados desde la superficie de la subrasante del proyecto.

En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de contención o drenaje, los tocones, raíces de más de diez centímetros (10 cm) de diámetro y demás materiales inconvenientes, se deberán eliminar hasta una profundidad no menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo de la superficie que se deba descubrir de acuerdo con las necesidades del proyecto y a juicio del Interventor.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, se podrán cortar a ras del suelo.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con el suelo que haya quedado al descubierto al hacer la limpieza y éste se conformará y apisonará hasta obtener un grado de compactación

similar al del terreno adyacente y hasta que la superficie se ajuste a la del terreno circundante.

#### 200.4.3 Descapote

El volumen de la capa vegetal que se remueva al efectuar el desmonte y la limpieza no deberá ser incluido dentro del trabajo objeto del presente Artículo. Dicho trabajo se encontrará cubierto por el Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 200.4.4 Remoción y disposición de materiales

Los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento, deberán ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los que deberán ser apilados debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe el Interventor.

El resto de los materiales provenientes del desmonte y la limpieza deberá ser retirado del lugar de los trabajos y transportado y depositado en los lugares establecidos en los documentos del proyecto o señalados por el Interventor, donde dichos materiales deberán ser enterrados convenientemente, extendiéndolos en capas dispuestas de forma que se reduzca al mínimo la formación de huecos. Cada capa se deberá cubrir o mezclar con suelo para rellenar los posibles huecos, y sobre la capa superior se deben extender al menos treinta centímetros (30 cm) de suelo compactado adecuadamente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos al descubierto. Estos materiales no se extenderán en zonas donde se prevean afluencias apreciables de agua.

El trabajo de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio) será cubierto por el Artículo 203, "Trasplante de árboles" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 200.4.5 Orden de las operaciones

Los trabajos de desmonte y limpieza se deben efectuar con anterioridad al inicio de las operaciones de explanación. En cuanto dichos trabajos lo permitan, y antes de disturbar con maquinaria la capa vegetal, se deberán levantar secciones transversales del terreno original, las cuales servirán para determinar

los volúmenes de la capa vegetal y del movimiento de tierra.

Si después de ejecutados el desmonte y la limpieza, la vegetación vuelve a crecer por motivos imputables al Constructor, éste deberá efectuar una nueva limpieza, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, antes de realizar la operación constructiva subsiguiente.

#### 200.4.6 Limitaciones de Ejecución

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar.

#### 200.4.7 Manejo ambiental

Cuando la autoridad competente lo permita, la materia vegetal inservible y los demás desechos del desmonte y limpieza se podrán quemar en un momento oportuno y de una manera apropiada para prevenir la propagación del fuego. El Constructor será responsable tanto de obtener el permiso para la quema, como de cualquier conflagración que resulte de dicho proceso.

Por ningún motivo se permitirá que los materiales de desecho se incorporen en la construcción de los terraplenes, ni disponerlos a la vista en las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, ni en sitios donde puedan ocasionar perjuicios ambientales.

Tampoco se permitirá el uso de explosivos para la remoción de la vegetación.

### **200.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 200.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos.

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos.
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que la disposición de los materiales obtenidos de los trabajos de desmonte y limpieza se ajuste a las exigencias de la presente especificación y todas las disposiciones legales vigentes.

El Interventor señalará todos los árboles que deban quedar de pie y ordenará las medidas para evitar que sean dañados.

El Constructor aplicará las acciones y los procedimientos constructivos recomendados en los respectivos estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, y el Interventor velará por su cumplimiento.

El Interventor medirá las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo a esta especificación.

#### 200.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

La actividad de desmonte y limpieza se considerará terminada cuando la zona quede despejada para permitir que se continúe con las siguientes actividades de la construcción. Para efectos de medida y pago, el Interventor únicamente controlará las zonas donde el desmonte y la limpieza se realicen en una longitud no mayor de un kilómetro (1 km) adelante del frente de la explanación.

#### **200.6 MEDIDA**

La unidad de medida del área desmontada y limpiada será la hectárea (Ha), en su proyección horizontal, aproximada al décimo de hectárea.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán para pago las áreas correspondientes a:

- Calzadas de vías existentes.
- Áreas desmontadas y limpiadas en zonas de préstamos o de canteras y otras fuentes de materiales que se encuentren localizadas fuera de la zona del proyecto.
- Áreas que el constructor haya despejado por conveniencia propia, tales como vías de acceso, vías para acarreos, campamentos, instalaciones o depósitos de materiales.

### **200.7 FORMA DE PAGO**

El pago del desmonte y limpieza se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a plena satisfacción por el Interventor.

El precio deberá cubrir todos los costos de desmontar, destroncar, desraizar, rellenar y compactar los huecos de tocones; y disponer los materiales sobrantes de manera uniforme en los sitios aprobados por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir, además, el cargue, transporte y descargue y debida disposición de estos materiales, así como la mano de obra, herramientas, equipo necesario para la ejecución de los trabajos y la obtención de todos los permisos requeridos.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El pago por concepto de desmonte y limpieza se hará independientemente del correspondiente a la excavación o el descapote en los mismos sitios, aún cuando los dos trabajos se ejecuten en una sola operación. El descapote y la excavación se medirán y pagarán de acuerdo con el Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos", ítem Excavación en material común.

El pago de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio) será cubierto por el Artículo 203, "Trasplante de árboles". (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)

## **200.8 ÍTEM DE PAGO**

200.1 Desmante y limpieza en bosque	<b>Hectárea (Ha)</b>
200.2 Desmante y limpieza en zonas no boscosas	<b>Hectárea (Ha)</b>

## **201 ARTÍCULO 201 DEMOLICIÓN Y REMOCIÓN**

### **201.1 DESCRIPCIÓN**

#### 201.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la demolición total o parcial de estructuras o edificaciones existentes en las zonas que indiquen los documentos del proyecto, y la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición final de los materiales provenientes de la demolición, en las áreas aprobadas por el Interventor. Incluye:

- Retiro, cambio, restauración o protección de las instalaciones de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del proyecto;
- Manejo, desmontaje, traslado y el almacenamiento de estructuras existentes;
- Remoción de cercas de alambre y otros obstáculos;
- Remoción de especies vegetales que no van a ser trasplantadas y que no se encuentren dentro de áreas que son objeto de trabajos de desmonte y limpieza;
- Suministro, colocación y conformación del material de relleno para zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, de acuerdo con los planos y las instrucciones del Interventor.

El trabajo de remoción de especies vegetales situadas en áreas que son objeto de trabajos de desmonte y limpieza será cubierto por el Artículo 200, "Desmonte y Limpieza" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

El trabajo remoción de especies vegetales que van a ser trasplantadas será cubierto por el Artículo 203, "Trasplante de árboles". (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)

#### 201.1.2 Clasificación

La demolición total o parcial y la remoción de estructuras y obstáculos, se clasificarán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Demolición de estructuras existentes;
- Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas;

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

- Remoción de especies vegetales;
- Remoción de cercas de alambre;
- Remoción de obstáculos;
- Remoción de ductos de servicios existentes;
- Traslado de postes y torres;
- Remoción de rieles, defensas metálicas y barreras de seguridad.

## **201.2 MATERIALES**

Los materiales provenientes de la demolición que, a juicio del Interventor, sean aptos para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas del proyecto, se deberán utilizar para este fin.

El material que suministre el Constructor para el relleno de las zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, deberá tener la aprobación previa del Interventor.

## **201.3 EQUIPO**

Los equipos que emplee el Constructor en esta actividad deberán tener la aprobación previa del Interventor y ser suficientes para garantizar el cumplimiento de esta especificación y del programa de trabajo.

Cuando las circunstancias lo ameriten, el Interventor podrá autorizar el uso de explosivos, asumiendo el Constructor la responsabilidad de cualquier daño causado por un manejo incorrecto de ellos.

Para remover estructuras, especies vegetales, obstáculos, cercas y conducciones de servicios y demás elementos considerados en el presente Artículo, se deberán utilizar equipos que no les produzcan daño, de acuerdo con procedimientos aprobados por el Interventor.

## **201.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### **201.4.1 Generalidades**

Antes de iniciar los trabajos de demolición de estructuras, el Constructor deberá elaborar un estudio de demolición en el cual se deberán definir como mínimo:

- Métodos de demolición y etapas de su aplicación;
- Estabilidad de las construcciones remanentes en cada etapa, así como los armazones y cimbras necesarios;
- Estabilidad y protección de construcciones remanentes que no vayan a ser demolidas;
- Protección de las construcciones e instalaciones del entorno;
- Mantenimiento o sustitución provisional de servicios afectados por la demolición;
- Medios de evacuación y definición de zonas de disposición de los productos de la demolición;
- Cronogramas de trabajos;
- Pautas de control;
- Medidas de seguridad y salud.

El estudio de demolición debe ser aprobado por el Interventor antes de iniciar los trabajos de demolición. Tal autorización no exime al Constructor de su responsabilidad por las operaciones aquí señaladas, ni del cumplimiento de estas especificaciones y de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud y de transporte y almacenamiento de los productos de la construcción; así como de las demás condiciones pertinentes establecidas en los documentos del contrato.

El Constructor será responsable de todo daño causado, directa o indirectamente, a las personas, así como a redes de servicios públicos, o propiedades cuya destrucción o menoscabo no estén previstos en los planos, ni sean necesarios para la ejecución de los trabajos contratados.

El Constructor deberá colocar señales y luces que indiquen, durante el día y la noche, los lugares donde se realicen trabajos de demolición o remoción, de acuerdo con las disposiciones vigentes, y será responsable de mantener la vía transitable, cuando ello se requiera.

Los trabajos se deberán efectuar en tal forma que produzcan la menor molestia posible a los habitantes de las zonas próximas a la obra y a los usuarios de la

vía materia del contrato, cuando ésta permanezca abierta al tránsito durante la construcción.

Si los trabajos aquí descritos afectan el tránsito normal en la vía objeto del contrato y en sus intersecciones, el Constructor será el responsable de mantenerlo adecuadamente, de acuerdo con las disposiciones y reglamentaciones vigentes del Ministerio de Transporte y del Instituto Nacional de Vías.

Si los trabajos implican la interrupción de los servicios públicos (energía, cable, gas, teléfono, acueducto, alcantarillado), conductos de combustible, ferrocarriles u otros modos de transporte, el Constructor deberá coordinar y colaborar con las entidades encargadas del mantenimiento de tales servicios, para que las interrupciones sean mínimas.

Cuando se utilicen explosivos, se deberá llevar un registro detallado de su clase, proveedor, existencias y consumo, así como de los demás accesorios requeridos; y se confiará a personas experimentadas su uso, manejo y almacenamiento, de manera que se sujeten a las leyes y reglamentos de las entidades que los controlan. Si la demolición aconseja el uso de explosivos, pero éstos no sean admisibles por su impacto ambiental, se deberá recurrir a técnicas alternativas tales como la fracturación hidráulica o el uso de cemento expansivo.

Al finalizar cada jornada de trabajo no deberán quedar elementos de la obra en estado inestable o peligroso.

Todos los procedimientos aplicados en el desarrollo de los trabajos de demolición y remoción deberán ceñirse a las exigencias del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y a las del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

201.4.2 Demolición total o parcial de estructuras existentes

201.4.2.1 Demolición de edificaciones

Se refiere al derribo parcial o total de las casas o edificios, incluyendo cimientos y otros bienes que sea necesario eliminar para el desarrollo de los

trabajos del proyecto, de acuerdo con lo que indiquen los planos o las especificaciones particulares.

El Constructor deberá proteger las edificaciones y estructuras vecinas a las que se han de demoler y construirá las defensas necesarias para su estabilidad y protección; tomará las medidas indispensables para la seguridad de personas y especies animales y vegetales que puedan ser afectadas por los trabajos.

Los cimientos de las edificaciones que se vayan a demoler se deberán romper y remover, hasta una

profundidad mínima de treinta centímetros (30 cm) por debajo de los niveles en que hayan de operar los equipos de compactación en los trabajos de explanación o construcción de bases y estructuras del proyecto. En los sótanos, se deberá retirar todo escombros o material objetable, eliminando también los tabiques interiores u otros elementos de la edificación, de acuerdo con las indicaciones del Interventor.

Si la edificación tiene instalaciones de servicios públicos, sus acometidas deberán ser neutralizadas, en acuerdo con las entidades administradoras o propietarias de las mismas. Posteriormente, las conexiones, así como los pozos sépticos u obras similares, deberán ser removidos y las zanjas resultantes se rellenarán con material adecuado, previamente aprobado por el Interventor.

Las cavidades o depresiones resultantes de los trabajos de demolición se deberán rellenar hasta el nivel del terreno circundante y si éstas se encuentran dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se deberá compactar de acuerdo con los requisitos aplicables del Artículo 220, "Terraplenes" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 201.4.2.2 Demolición de puentes, alcantarillas y otras estructuras

Cuando estas estructuras se encuentren en servicio para el tránsito público, el Constructor no podrá proceder a su demolición hasta cuando se hayan efectuado los trabajos necesarios para no interrumpir el tránsito. El diseño y la construcción de las obras provisionales destinadas a mantener el servicio y el tránsito, serán de cargo y responsabilidad del Constructor.

A menos que los documentos del proyecto establezcan otra cosa o que el Interventor lo autorice de manera diferente, las infraestructuras existentes deberán ser demolidas hasta el fondo natural o lecho del río o quebrada, y las partes que se encuentren fuera de la corriente se deberán demoler hasta por lo menos treinta centímetros (30 cm) más abajo de la superficie natural del terreno. Cuando las partes de la estructura existente se encuentren dentro de los límites de construcción de la nueva estructura, dichas partes se deberán demoler hasta donde sea necesario, para permitir la construcción de la estructura proyectada.

Los cimientos y otras estructuras subterráneas deberán ser demolidas hasta las siguientes profundidades mínimas:

- En áreas de excavación, un metro (1 m) por debajo de la superficie subrasante proyectada.
- En áreas que se vayan a cubrir con terraplenes de un metro (1 m) o menos, un metro (1 m) por debajo de la subrasante proyectada.
- En áreas que se vayan a cubrir con terraplenes de más de un metro (1 m) de altura, no es necesario demoler la estructura más abajo del nivel del terreno natural, salvo que los documentos del proyecto presenten una indicación diferente.
- Cuando se deba demoler parcialmente una estructura que forme parte del proyecto, los trabajos se efectuarán de tal modo que sea mínimo el daño a la parte de la obra que se vaya a utilizar posteriormente. Los bordes de la parte utilizable de la estructura deberán quedar libres de fragmentos sueltos y listos para empalmar con las ampliaciones proyectadas.

Las demoliciones de estructuras se deberán efectuar con anterioridad al comienzo de la nueva obra, salvo que el pliego de condiciones o los documentos del proyecto lo establezcan de otra manera.

#### 201.4.2.3 Demolición de pavimentos rígidos, pisos y andenes de concreto y bordillos

Los pavimentos rígidos, andenes y bordillos de concreto, bases de concreto y otros elementos cuya demolición esté prevista en los documentos del proyecto, deberán ser demolidos con equipos apropiados y removidos en fracciones de tamaño adecuado, para que puedan ser utilizados en la

construcción de rellenos o disponer de ellos como sea autorizado por el Interventor. En caso de utilizar equipo pesado, el trabajo se deberá suspender a una distancia prudente para no causar daños a las estructuras que seguirán en servicio.

En caso de que resultara dañada o removida una superficie mayor que la contemplada, será de cargo del Constructor la reposición de ella a entera satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Las áreas donde se remuevan andenes deberán ser mantenidas libres de escombros, con el objetivo de que la circulación de los peatones permanezca expedita y segura.

Cuando los productos de demolición se usen en la construcción de rellenos, el tamaño máximo de cualquier fragmento no deberá exceder de dos tercios ( $2/3$ ) del espesor de la capa en la cual se vaya a colocar. En ningún caso, el volumen de los fragmentos deberá exceder de veintiocho decímetros cúbicos ( $28 \text{ dm}^3$ ), debiendo ser apilados en los lugares indicados en los planos del proyecto o en las especificaciones particulares, a menos que el Interventor autorice otro lugar.

#### 201.4.3 Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas

Comprende la identificación, clasificación y marca de todos los elementos de las estructuras metálicas, en concordancia con los planos de taller previamente elaborados por el Constructor, para facilitar su utilización posterior, y su desmontaje y traslado al sitio de almacenamiento o nuevo montaje, de acuerdo con lo indicado por los documentos del proyecto, a satisfacción del Interventor.

El retiro de toda alcantarilla que deba ser quitada, se hará cuidadosamente y tomando las precauciones necesarias para evitar que se maltrate o rompa. La alcantarilla que vaya a ser colocada nuevamente, deberá ser trasladada y almacenada cuando sea necesario, para evitar pérdidas o daños, antes de ser instalada de nuevo. El Constructor deberá reponer, a su costa, todo tramo de alcantarilla que se extravíe o dañe, si ello obedece a descuido de su parte.

#### 201.4.4 Remoción de especies vegetales

Los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento, deberán ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los que deberán ser apilados debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe el Interventor.

El resto de los materiales resultantes de la remoción de especies vegetales deberá ser retirado del lugar de los trabajos y transportado y depositado en los lugares establecidos en los documentos del proyecto o señalados por el Interventor, donde dichos materiales deberán ser enterrados convenientemente, extendiéndolos en capas dispuestas de forma que se reduzca al mínimo la formación de huecos. Cada capa se deberá cubrir o mezclar con suelo para rellenar los posibles huecos, y sobre la capa superior se deben extender al menos treinta centímetros (30 cm) de suelo compactado adecuadamente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos al descubierto. Estos materiales no se extenderán en zonas donde se prevean afluencias apreciables de agua.

En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de cualquier tipo, los tocones, raíces de más de diez centímetros (10 cm) de diámetro y demás materiales inconvenientes, se deberán eliminar hasta la profundidad que se indique en los documentos del proyecto, la cual no será menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo del nivel apoyo de los terraplenes, de las estructuras o de los rellenos de cimentación de éstas.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, se podrán cortar a ras del suelo, si los documentos del proyecto no especifican otra cosa.

Las cavidades o depresiones resultantes de los trabajos de remoción de especies vegetales se deberán rellenar hasta el nivel del terreno circundante y, si éstas se encuentran dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se deberá compactar de acuerdo con los requisitos aplicables del Artículo 220, "Terraplenes". (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)

El trabajo de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio) será cubierto por el

Artículo 203, "Trasplante de árboles". (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)

#### 201.4.5 Remoción de cercas de alambre

El Constructor deberá remover, trasladar y reinstalar las cercas de alambre en los nuevos emplazamientos, cuando ello esté considerado en los documentos del proyecto o lo señale el Interventor. El traslado se deberá realizar evitando maltratos innecesarios a las partes que sean manipuladas o transportadas. Si la reinstalación no está prevista, los elementos removidos se ubicarán en los sitios que defina el Interventor.

El relleno de los espacios dejados por los postes removidos y que no sean ocupados por las obras proyectadas, se realizará con un material similar al circundante.

#### 201.4.6 Remoción de obstáculos

Según se muestre en los planos o en las especificaciones particulares, el Constructor deberá eliminar, retirar o recolocar obstáculos individuales tales como postes de kilometraje, señales, monumentos y otros. Cuando ellos no se deban remover, el Constructor deberá tener especial cuidado, a efecto de protegerlos contra cualquier daño y proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los documentos citados o sean autorizadas por el Interventor.

#### 201.4.7 Remoción de ductos de servicios existentes

El Constructor deberá retirar, cambiar, restaurar o proteger contra cualquier daño, las conducciones de servicios públicos o privados existentes según se contemple en los planos del proyecto o las especificaciones particulares.

Ningún retiro, cambio o restauración se deberá efectuar sin la autorización escrita de la entidad afectada y se deberán seguir las indicaciones de ésta con especial cuidado y tomando todas las precauciones necesarias para que el servicio no se interrumpa o, si ello es inevitable, reduciendo la interrupción al mínimo tiempo necesario para realizar el trabajo, a efecto de causar las menores molestias a los usuarios.

Cuando el trabajo consista en protección, el Constructor deberá proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los planos o en las especificaciones particulares o que sean autorizadas por el Interventor.

Cuando la entidad afectada estime que debido al estado en el cual se encuentra el ducto, resulta imposible obtener partes recuperables del mismo, el Constructor procederá a su demolición.

#### 201.4.8 Traslado de postes y torres

Cuando los documentos del proyecto lo prevean y su traslado esté debidamente aprobado por la entidad propietaria o concesionaria de servicios públicos, el Constructor procederá a ejecutar la remoción, traslado y reinstalación o disposición de postes y torres de servicio eléctrico, telefónico y otros existentes que no sean removidos o trasladados directamente por la entidad de servicios públicos propietaria o concesionaria de los mismos. El Constructor deberá gestionar todos los permisos para la ejecución de esta labor ante la entidad competente.

Esta actividad incluye, también, la demolición de los soportes de dichos elementos que se conviertan en obstáculos para las obras del proyecto, así como la remoción, transporte y disposición, en sitios de desecho definidos en el proyecto o autorizados por el Interventor, de todos los postes y elementos de los mismos que no sean reutilizables.

El Constructor deberá solicitar al propietario o concesionario correspondiente la realización de las modificaciones necesarias de las redes con la debida anticipación. Los traslados de las redes serán ejecutados directamente por el propietario o por el concesionario de la instalación o por quien él autorice de manera expresa.

#### 201.4.9 Remoción de rieles

Cuando los documentos del proyecto lo prevean y su remoción esté debidamente aprobada por la entidad afectada, el Constructor deberá retirar los rieles en la longitud autorizada, trasladarlos y depositarlos en el sitio que ordene dicha entidad.

#### 201.4.10 Remoción de defensas metálicas y barreras de seguridad de hormigón

Antes de iniciar obras en un sector de vía que se encuentre en servicio, se deberán retirar todas las defensas metálicas y barreras de seguridad existentes en las áreas afectadas.

La remoción de estos elementos se deberá realizar empleando procedimientos que eviten todo daño innecesario o no previsto. Las defensas se deberán desarmar cuidadosamente y, a continuación, el Constructor procederá a excavar alrededor de los postes que las sustentaban, de manera de poder retirarlos sin producirles ningún daño.

Si el proyecto contempla la rehabilitación y reinstalación de los elementos retirados, será de responsabilidad del Constructor su traslado, almacenamiento, limpieza y cuidado hasta el momento de su nueva reinstalación, actividades cuyo costo se deberá encontrar incluido dentro del precio unitario de esta partida de trabajo. Si la reinstalación no está prevista, el Constructor deberá trasladar y almacenar los elementos donde lo señalen los documentos del proyecto o el Interventor.

Todos los orificios dejados por las remociones que no vayan a ser ocupados por las obras del proyecto deberán ser rellenados por el Constructor, con un material igual al circundante.

#### 201.4.11 Disposición de los materiales

A juicio del Interventor y de acuerdo con sus instrucciones al respecto, los materiales de las edificaciones o estructuras demolidas, que sean aptos y necesarios para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas laterales del proyecto, se deberán utilizar para ese fin. Salvo que los documentos del proyecto contemplen lo contrario, todos los demás materiales provenientes de estructuras demolidas quedarán de propiedad del Constructor, quien deberá trasladarlos o disponerlos fuera de la zona de la vía, en un lapso no mayor a 24 horas después de efectuada la demolición, con procedimientos adecuados y en los sitios aprobados por el Interventor.

Los elementos que deban ser almacenados según lo establezcan los planos o las especificaciones particulares, se trasladarán al sitio establecido en ellos y se dispondrán de la manera que resulte apropiada para el Interventor.

Los elementos que deban ser relocalizados se deberán trasladar al sitio de nueva ubicación que indiquen los planos, donde se montarán de manera que se garantice su correcto funcionamiento.

#### 201.4.12 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de demolición y remoción se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 201.4.13 Manejo ambiental

Todas las labores de demolición, remoción y disposición de materiales se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

### **201.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 201.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- a) Comprobar el estado y funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos;
- b) Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos;

- c) Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo;

El Interventor verificará que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos.

El Interventor identificará todos los elementos que deban ser demolidos o removidos; así mismo, señalará los elementos que deban permanecer en el sitio y ordenará las medidas para evitar que ellos sean dañados.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el Constructor de acuerdo con la presente especificación.

#### 201.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Interventor considerará terminados los trabajos de demolición y remoción cuando la zona donde ellos se hayan realizado quede despejada, de manera que permita continuar con las otras actividades programadas, y los materiales sobrantes hayan sido adecuadamente dispuestos de acuerdo con lo que establece la presente especificación.

En general, en caso de que por el uso de procedimientos inadecuados resultara dañado o removido cualquier elemento que no esté contemplado en el proyecto, será de cargo y costo del Constructor la reposición de éste a entera satisfacción del Interventor.

#### **201.6 MEDIDA**

La medida para la demolición y remoción, ejecutada de acuerdo con los planos, la presente especificación, y las instrucciones del Interventor, se hará de acuerdo con las siguientes modalidades:

- a) Global (gl), en cuyo caso no se harán mediciones;
- b) Por unidad completa (u), cuando se trate de demolición de obstáculos, edificaciones, puentes, alcantarillas y otras estructuras o remoción de estructuras metálicas, especies vegetales, obstáculos, postes y torres;
- c) Por kilogramo (kg) aproximado al entero, en cuanto se trate del desmontaje y traslado de estructuras metálicas;
- d) Por metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al entero, en el caso de demolición de estructuras, cuando su tipo permita la cuantificación en esa unidad;

- e) Por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al entero, en el caso de demolición de pavimentos rígidos, andenes de concreto y pisos. En este caso, la medida de la estructura se efectuará antes de destruirla;
- f) Por metro lineal (m), aproximado al entero, cuando se trate de la demolición de bordillos y del retiro de estructuras tales como alcantarillas, cercas de alambre, ductos de servicios existentes, defensas metálicas, barreras de seguridad, rieles y otros obstáculos que sean susceptibles de ser medidos por su longitud.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

### **201.7 FORMA DE PAGO**

El pago se hará a los precios unitarios respectivos, estipulados en el contrato según la unidad de medida, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptado por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, explosivos, asesoría, equipo, herramientas, materiales, apuntalamientos, andamios, obras para la protección de terceros; las operaciones necesarias para efectuar las demoliciones y para hacer los desmontajes, planos, separación de materiales aprovechables, cargue y transporte de éstos al lugar de depósito, descargue y almacenamiento; remoción de especies vegetales; traslado y reinstalación de obstáculos y cercas de alambre; traslado, cambio, restauración o demolición de conducciones de servicios existentes; cargue de materiales desechables, transporte y descargue en el sitio de disposición final, de acuerdo con lo señalado por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir, además, la protección de aquellos elementos que, aunque se encuentren en la zona de los trabajos, no deban ser removidos.

La reinstalación de estructuras metálicas y tubos de alcantarillas no se encuentran cubiertas por el presente Artículo.

El precio unitario del traslado de postes o torres deberá incluir los costos de las gestiones ante los propietarios o concesionarios de las redes de servicios correspondientes.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio de utilización. En los casos en que no se autorice el uso de explosivos el precio unitario deberá considerar el suministro y aplicación de los productos alternativos.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos por concepto de la excavación para la demolición y remoción y por el suministro, conformación y compactación del material para relleno de todas las cavidades resultantes; la señalización temporal requerida y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

## **201.8 ÍTEM DE PAGO**

201.2 Demolición de estructuras existentes

**Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

201.16 Remoción de cercas de alambre

**Metro (m)**

## **210 ARTÍCULO 210 EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS**

### **210.1 DESCRIPCIÓN**

#### 210.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en el conjunto de las actividades de excavar, remover, cargar, transportar hasta el límite de acarreo libre y colocar en los sitios de disposición o desecho, los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación, canales y préstamos, indicados en los planos y secciones transversales del proyecto, con las modificaciones que ordene el Interventor.

Comprende, además, la excavación y remoción de la capa vegetal o descapote y de otros materiales blandos, orgánicos y objetables, en las áreas donde se hayan de realizar las excavaciones de la explanación y terraplenes.

#### 210.1.2 Definiciones

##### 210.1.2.1 Excavación de la explanación

El trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas donde ha de fundarse la carretera, incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación de la subrasante en corte.

Incluye, además, las excavaciones necesarias para el ensanche o modificación del alineamiento horizontal o vertical de calzadas existentes.

##### 210.1.2.2 Excavación de canales

El trabajo comprende las excavaciones necesarias para la construcción de canales, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares existentes y de cauces naturales.

### 210.1.2.3 Excavación en zonas de préstamo

El trabajo comprende el conjunto de las actividades para explotar los materiales adicionales a los volúmenes provenientes de la excavación de la explanación, requeridos para la construcción de los terraplenes o pedraplenes.

### 210.1.3 Clasificación

#### 210.1.3.1 Excavación sin clasificar

Se refiere a los trabajos de excavación de cualquier material sin importar su naturaleza.

#### 210.1.3.2 Excavación clasificada

##### 210.1.3.2.1 Excavación en roca

Comprende la excavación de masas de rocas fuertemente litificadas que, debido a su buena cementación o alta consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

Comprende, también, la excavación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico (1 m<sup>3</sup>), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

Se aceptará como criterio para determinar el horizonte de roca cuando la dureza y el fracturamiento no permitan efectuar faenas de remoción con equipos mecánicos. Esta dificultad se determinará directamente cuando una máquina del tipo bulldozer con una potencia mínima de 410 HP y peso mínimo de 48.500 kg o una retroexcavadora con una potencia mínima de 217 HP y peso mínimo de 30.200 kg, empleadas a su máxima potencia sean incapaces de remover el material. La utilización de uno u otro equipo dependerá del espacio disponible para operar y de la forma de la superficie de la roca, prefiriéndose siempre el bulldozer. La operación será efectuada por los dientes de la retroexcavadora o el ripper del bulldozer en presencia del Interventor. Una vez comprobado por las partes lo expuesto, se procederá a dejar constancia de la situación en el Libro de Obra.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

### 210.1.3.2.2 Excavación en material común

Comprende la excavación de materiales no cubiertos por el numeral anterior, Excavación en roca.

### 210.1.3.2.3 Método alternativo para determinar el tipo de material excavado

Como alternativa de clasificación se podrá recurrir a mediciones de propagación del sonido, practicadas sobre el material en las condiciones naturales en que se encuentre, y se considerará material común aquel en que dicha velocidad sea menor a dos mil metros por segundo (2.000 m/s) y roca, cuando sea igual o superior a este valor.

## 210.2 MATERIALES

### 210.2.1 Utilización de materiales provenientes de la excavación de la explanación y de canales

Todos los materiales provenientes de las excavaciones que sean utilizables y, según los planos y especificaciones o a juicio del Interventor, necesarios para la construcción o protección de terraplenes, pedraplenes u otras partes de las obras proyectadas, se deberán utilizar en ellos. El Constructor no podrá disponer de los materiales provenientes de las excavaciones ni retirarlos para fines distintos a los del contrato, sin autorización previa del Interventor.

Los materiales provenientes de la excavación que presenten características adecuadas para uso en la construcción de la obra, serán reservados para colocarlos posteriormente. Su disposición provisional se hará en los sitios aprobados previamente para tal fin por el Interventor.

Los materiales provenientes del descapote se deberán almacenar para su uso posterior en sitios accesibles y de manera aceptable para el Interventor; estos materiales se deberán usar preferentemente para el recubrimiento de los taludes de los terraplenes terminados.

## 210.2.2 Materiales de zonas de préstamo

Los materiales adicionales que se requieran para las obras, se extraerán de las zonas de préstamo aprobadas por el Interventor y deberán cumplir con las características establecidas en las especificaciones correspondientes.

## 210.3 EQUIPO

El Constructor propondrá, para consideración del Interventor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar, los cuales no deberán producir daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

El Constructor podrá utilizar cualquier tipo de equipo apropiado para la realización de las excavaciones incluyendo tractores con tapadora y desgarradora, motoniveladora, trailla y palas de empuje o arrastre, cargador y vehículos de transporte.

## 210.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 210.4.1 Excavación de la explanación

#### 210.4.1.1 Generalidades

La excavación de la explanación se deberá ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto o las modificadas por el Interventor.

Los procedimientos constructivos que implemente el Constructor deben contemplar las medidas necesarias para preservar las condiciones de drenaje y la resistencia y la estabilidad del terreno no excavado. Los taludes provisionales deben ser definidos en esos procedimientos por un ingeniero geotecnista.

El Constructor deberá adoptar las medidas necesarias para evitar fenómenos como inestabilidad de taludes en roca o de bloques de la misma, debida a voladuras inadecuadas o deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación.

Las obras de excavación deberán avanzar en forma coordinada con las obras de contención y drenaje del proyecto, tales como muros, alcantarillas, desagües y descoles de cunetas y construcción de filtros. Además, se debe garantizar el correcto funcionamiento del drenaje y controlar fenómenos de erosión e inestabilidad.

La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del proyecto o indicadas por el Interventor.

Cualquier daño no previsto a una estructura o construcción existente causado por la ejecución de los trabajos de excavación deberá ser asumido por el Constructor, quién deberá reponer el bien a entera satisfacción de su propietario sin costo para el INVÍAS.

En la construcción de terraplenes sobre terreno inclinado o a media ladera, el talud de la superficie existente se deberá cortar en forma escalonada de acuerdo con los planos o las instrucciones del Interventor.

Las cunetas y bermas se deberán construir de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas especificadas en los planos o modificadas por el Interventor. Todo daño posterior a la ejecución de estas obras, causado por negligencia del Constructor, deberá ser subsanado por éste, sin ninguna erogación por parte del Instituto Nacional de Vías.

#### 210.4.1.2 Actividades previas

Antes de iniciar las excavaciones se deben haber completado y aprobado los trabajos de localización, desmonte, limpieza y demoliciones, así como los de remoción de especies vegetales, cercas de alambre y demás obstáculos que afecten la ejecución de las obras del proyecto.

#### 210.4.1.3 Drenaje de las excavaciones

El Constructor deberá tomar todas las medidas indispensables para mantener drenadas las excavaciones y demás áreas de trabajo. Se instalarán drenes o zanjas temporales, para interceptar el agua que pudiera afectar la ejecución

del trabajo y se utilizarán los equipos necesarios para realizar un control efectivo de la misma.

Será responsabilidad del Constructor todo deterioro que se ocasione en los materiales de la excavación debido a deficiencias en el sistema de drenaje implementado. En este caso, correrán por su cuenta las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en los mismos, sin costo adicional para el INVÍAS.

Antes de iniciar los trabajos de excavación, el Constructor deberá presentar para aprobación por parte del Interventor el plan de drenaje temporal que piensa implementar para evitar que el agua se apoce y deteriore los materiales expuestos, en especial la subrasante del proyecto.

En todo momento, la superficie de la excavación debe tener pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial hacia los elementos de drenaje temporal o definitivo. No debe haber depresiones ni hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales, ni encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras o taludes provisionales excesivos.

Cuando el diseño de los taludes contemple la construcción de bermas o terrazas intermedias, éstas se deberán conformar con pendiente hacia el interior del talud a una cuneta que debe recoger y encauzar las aguas superficiales.

#### 210.4.1.4 Manejo de la subrasante

##### 210.4.1.4.1 Protección de la subrasante

El Constructor deberá proteger la subrasante en todo momento para evitar su deterioro. Será responsabilidad del Constructor todo deterioro que se ocasione en la subrasante debido a la falta de implementación de los sistemas adecuados de protección. En este caso, correrán por su cuenta y a su costa las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en la misma.

En especial, deberá llevar a cabo las labores de construcción teniendo en cuenta los siguientes factores, adicionales al tema del drenaje mencionado en el numeral 210.4.1.3.

#### 210.4.1.4.2 Circulación sobre la subrasante

El Constructor deberá organizar todos sus trabajos, en especial las labores de excavación, cargue del material excavado y descargue del material por colocar sobre la subrasante, de manera que los equipos no circulen directamente sobre la subrasante y la deterioren. Se exceptúan los casos en que la subrasante esté constituida por materiales que soporten el tráfico de construcción sin deteriorarse; se podrá tomar como guía para calificar el impacto adverso del tráfico temporal sobre la subrasante la presencia de acolchonamientos mayores que 20 mm (deformaciones ante el paso de los vehículos que se pueden observar a simple vista y que se recuperan en todo o en parte cuando el vehículo se aleja), o la ocurrencia de ahuellamientos mayores que 25 mm (deformaciones permanentes en forma de surcos longitudinales que no se recuperan al alejarse los vehículos).

##### 210.4.1.4.2.1 Pérdida de humedad en la subrasante

Con el fin de evitar el fisuramiento o la activación de procesos de cambios volumétricos en las subrasantes arcillosas, no se debe permitir que éstas pierdan su humedad natural, salvo en casos específicos en que esta pérdida de humedad se requiera para la adecuada compactación de la misma; por lo tanto, el Constructor deberá tomar las medidas necesarias para prevenir esta pérdida de humedad.

#### 210.4.1.4.3 Compactación de la subrasante

##### 210.4.1.4.3.1 Necesidad de compactar la subrasante

En general, siempre se requiere compactar la subrasante en corte, bien sea que ésta vaya a servir de apoyo a un terraplén o relleno, o a la estructura misma del pavimento. Sin embargo, en algunas ocasiones los documentos del proyecto pueden indicar expresamente que la subrasante no requiere compactación.

En otras ocasiones, los documentos del proyecto pueden prohibir la compactación de la subrasante.

Cuando la subrasante natural sirve directamente como apoyo de la estructura del pavimento, ésta requiere de su compactación en un espesor no menor de 15 cm. Por lo tanto, si los documentos técnicos del proyecto indican que la subrasante natural no requiere compactación o especifican que se prohíbe compactarla, el diseño debe tener previsto al menos una capa de mejoramiento compactada con espesor mínimo de 20 cm (material de aporte sin estabilizar o estabilizado, o estabilización de la parte superior de la subrasante), para ser construida encima de la subrasante natural; si el diseño no prevé esta capa de mejoramiento sobre la subrasante sin compactar, el Interventor podrá ordenar al Constructor su construcción en el espesor que juzgue conveniente, previa excavación de un espesor igual de material de subrasante para conservar las cotas del proyecto; en este caso, tanto la excavación como la construcción de la capa de mejoramiento se pagarán según los ítems que resulten aplicables.

#### 210.4.1.4.3.2 Procedimiento de compactación de la subrasante

Los documentos técnicos del proyecto indicarán la profundidad y el grado de compactación requeridos para la subrasante del proyecto.

Si no lo indican, el procedimiento será, como mínimo, el siguiente: al alcanzar el nivel de subrasante en la excavación, se deberá escarificar en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm), conformar de acuerdo con las pendientes transversales especificadas y compactar, según las exigencias de compactación definidas en el numeral 210.5.2.2 en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm).

En caso de presencia de suelos especiales, como cenizas volcánicas, suelos blandos, suelos expansivos o suelos orgánicos, se deberán atender las indicaciones particulares contenidas en los documentos técnicos del proyecto.

En caso de que al nivel de la subrasante se encuentren suelos expansivos y salvo que los documentos del proyecto o el Interventor determinen lo contrario, la excavación se llevará hasta un metro por debajo del nivel proyectado de subrasante y su fondo no se compactará. Esta profundidad sobreexcavada se rellenará y conformará con material que cumpla las características definidas en el Artículo 220, "Terraplenes" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). Los setenta centímetros (70 cm) inferiores se

rellenarán con un material apropiado para “núcleo” y los treinta centímetros (30 cm) restantes con un material idóneo para “corona”.

Un suelo se considerará expansivo de acuerdo con los criterios consignados en la norma de ensayo INV E-132, “Determinación de suelos expansivos”.

Si el material encontrado al nivel de subrasante posee características orgánicas, deberá ser removido hasta una profundidad de un metro o hasta que la característica orgánica cese y se escogerá la menor de las dos dimensiones. Los treinta centímetros (30 cm) superiores se rellenarán con un material apropiado para “corona” y los restantes con un material idóneo para “núcleo”.

Se considerará que el material posee características orgánicas cuando el contenido de materia orgánica, en masa, supera el dos por ciento (2%) determinado según la norma INV E-121, “Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición”.

#### 210.4.1.5 Excavaciones en roca

Los procedimientos, tipos y cantidades de explosivos y equipos que el Constructor proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el Interventor; así como la secuencia y disposición de las voladuras, las cuales se deberán proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados. El Constructor garantizará la dirección y la ejecución de las excavaciones en roca, utilizando personal que tenga amplia experiencia en trabajos similares.

La aprobación dada por el Interventor no exime al Constructor de su responsabilidad por los errores y daños que causen las voladuras.

Toda excavación en roca se deberá profundizar quince centímetros (15 cm) por debajo de las cotas de subrasante. Las áreas sobre-excavadas se deben rellenar y conformar con material seleccionado proveniente de las excavaciones, con material de relleno seleccionado o con material de subbase granular, según lo indiquen los documentos del proyecto o lo apruebe el Interventor.

Cualquier roca situada en los límites de la excavación, o fuera de ellos, que hubiese sido golpeada, aflojada, o de alguna manera dañada por las voladuras u otras causas, deberá ser removida hasta asegurarse que no queden trozos inestables. No deberán quedar depresiones que dejen zonas colgadas, aunque se presenten firmes a simple vista.

La superficie final de la excavación en roca deberá encontrarse libre de cavidades que permitan la retención de agua y tendrá, además, pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial.

#### 210.4.1.6 Transiciones de corte a terraplén y viceversa

En estos sitios, la excavación se deberá ampliar hasta que el terraplén penetre en ella en toda su sección. En la transición de corte a terraplén y viceversa se deberán construir escalones, con el ancho adecuado para el correcto trabajo de los equipos de construcción, de tal forma que se eliminen totalmente eventuales planos de contacto inclinados, que constituyan riesgo de inestabilidad en el terraplén. Tales escalones se deberán construir de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

#### 210.4.1.7 Ensanche o modificación del alineamiento de calzadas existentes

En los proyectos de mejoramiento de vías en donde el afirmado existente se ha de conservar, los procedimientos que utilice el Constructor deberán permitir la ejecución de los trabajos de ensanche o modificación del alineamiento, evitando la contaminación del afirmado con materiales arcillosos, orgánicos o vegetales. Los materiales excavados deberán ser cargados y transportados hasta los sitios de utilización o disposición aprobados por el Interventor.

Así mismo, el Constructor deberá garantizar el tránsito y conservar la superficie de rodadura existente.

Si el proyecto exige el ensanche del afirmado existente, las fajas laterales se excavarán hasta el nivel de subrasante, dándole a ésta, posteriormente, el tratamiento indicado en el numeral 210.4.1.4.

En las zonas de ensanche de terraplenes, el talud existente se deberá cortar en forma escalonada de acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor.

#### 210.4.1.8 Taludes

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final.

Cuando sea preciso adoptar medidas especiales para la protección superficial del talud, tales como plantaciones superficiales, revestimientos, etc., bien porque estén previstas en el proyecto o porque sean ordenadas por el Interventor, estos trabajos se deberán realizar inmediatamente después de la excavación del talud.

En el caso de que los taludes presenten deterioro antes del recibo definitivo de las obras, el Constructor eliminará los materiales desprendidos o movidos y realizará urgentemente las correcciones complementarias ordenadas por el Interventor. Si dicho deterioro es imputable a una mala ejecución de las excavaciones, el Constructor será responsable por los daños ocasionados y, por lo tanto, las correcciones se efectuarán a su costa.

#### 210.4.2 Excavación de canales

La construcción de los canales, zanjas de drenaje, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares y cauces naturales se deberá efectuar de acuerdo con los alineamientos, secciones y cotas indicados en los planos o determinados por el Interventor. En general, en esta clase de obras la pendiente longitudinal no deberá ser menor de 0.25%, salvo que el Interventor dé una autorización en contrario por escrito. Las excavaciones serán iniciadas por el extremo aguas abajo de la obra.

Toda desviación de las cotas y secciones especificadas, especialmente si causa estancamiento del agua o erosión, deberá ser subsanada por el Constructor, a entera satisfacción del Interventor, y sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

#### 210.4.3 Disposición de materiales sobrantes provenientes de la excavación

Los materiales sobrantes de la excavación deberán ser colocados de acuerdo con las instrucciones del Interventor y en zonas aprobadas por éste; se usarán de preferencia para el tendido de los taludes de terraplenes o para emparejar las zonas laterales de la vía. Se dispondrán en tal forma que no ocasionen ningún perjuicio al drenaje de la carretera o a los terrenos que ocupen, a la visibilidad en la vía ni a la estabilidad de los taludes o del terreno al lado y debajo de la carretera. Todos los materiales sobrantes se deberán extender y emparejar de tal modo que permitan el drenaje de las aguas alejándolas de la vía, sin estancamiento y sin causar erosión, y se deberán conformar para presentar una buena apariencia.

Cuando los materiales sobrantes no se puedan emplear en las obras del proyecto, se deberán transportar y disponer en vertederos conforme a lo indicado en los planos del proyecto, las especificaciones particulares o las instrucciones del Interventor y se deberá atender especialmente lo indicado en el Artículo 106, "Aspectos Ambientales" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 210.4.4 Excavación en zonas de préstamo

Los materiales adicionales que se requieran para los terraplenes o rellenos del proyecto se obtendrán mediante el ensanche de las excavaciones del proyecto, si ello es posible y está autorizado, o de zonas de préstamo, previamente aprobadas por el Interventor.

En la excavación de préstamos se seguirá todo lo pertinente a los procedimientos de ejecución de las excavaciones de la explanación y canales.

#### 210.4.5 Sobre-excavación

Se considerará como sobre-excavación, el retiro o ablandamiento de materiales, por fuera de los alineamientos o cotas indicados en los planos o aprobados especialmente por el Interventor. Las sobre-excavaciones no se pagarán y el Constructor estará obligado a ejecutar a su propia costa los rellenos necesarios por esta causa, de acuerdo con las especificaciones y la aprobación de la Interventoría.

Toda sobre-excavación que haga el Constructor, por negligencia o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, correrá por su cuenta y el Interventor podrá suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas. En estos casos, el Constructor deberá rellenar por su cuenta estas sobre-excavaciones con los materiales y procedimientos adecuados y aprobados por el Interventor de manera que se restauren las condiciones iniciales del sitio.

#### 210.4.6 Hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico

En caso de algún descubrimiento de ruinas prehistóricas, sitios de asentamientos indígenas o de época colonial, reliquias, fósiles, meteoritos u otros objetos de interés arqueológico, paleontológico o minerales de interés comercial o científico durante la ejecución de las obras, el Constructor tomará de inmediato medidas para suspender transitoriamente los trabajos en el sitio del descubrimiento y notificará al Interventor, quien dará aviso al Instituto Nacional de Vías y a la autoridad oficial que tenga a cargo la responsabilidad de investigar y evaluar dichos hallazgos. El Constructor, a pedido del Interventor, colaborará en su protección.

Cuando la investigación y evaluación de los hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico retrase el avance de la obra, el Interventor deberá efectuar en conjunto con el Constructor, los ajustes pertinentes en el programa de trabajo.

#### 210.4.7 Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el Constructor deberá limpiar y conformar las zonas laterales de la vía, las de préstamo y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y las indicaciones del Interventor.

#### 210.4.8 Referencias topográficas

Durante la ejecución de la excavación para explanación, canales y préstamos, el Constructor deberá mantener, sin alteración, todas las referencias topográficas y las marcas especiales para limitar las áreas de trabajo.

#### 210.4.9 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de excavación de la explanación, canales y préstamos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 210.4.10 Manejo ambiental

Todas las labores de excavación de la explanación, canales y préstamos se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

En particular, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Cuando se estén efectuando las excavaciones, se deberá tener cuidado para que no se presenten depresiones y hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales;
- Los materiales sobrantes de las excavaciones se deberán disponer conforme lo establece el numeral 210.4.3;
- Si está previsto el revestimiento vegetal de los taludes con material de descapote, éste se deberá efectuar inmediatamente después de culminada la excavación;
- El material de descapote de las zonas de préstamo deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área excavada, reintegrándolo al paisaje.

### **210.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 210.5.1 Controles

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado para la ejecución de los trabajos;
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos;
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo;
- Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas excavadas;
- Comprobar que toda superficie para base de terraplén o subrasante mejorada quede limpia y libre de materia orgánica;
- Verificar la compactación del fondo de la excavación, cuando corresponda;

El Interventor verificará que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el Constructor de acuerdo con la presente especificación.

210.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

210.5.2.1 Acabado

El trabajo de excavación se dará por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección estén de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la excavación, no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no deberá variar en más de tres centímetros (3 cm) con respecto a la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota de subrasante podrá superar la cota del proyecto.

Las cotas de fondo de las cunetas, zanjas y canales no deberán diferir en más de tres centímetros (3 cm) de las proyectadas.

## 210.5.2.2 Compactación de la subrasante

Para efectos de la verificación de la compactación de la subrasante que se especifica en el numeral 210.4.1.4.2, se define como “lote”, que se aceptará o rechazará en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de subrasante compactada en su ancho total;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) de subrasante compactada;
- El área de subrasante compactada con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de la subrasante en el terreno se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una

(1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,máx}} \times 100 \quad [210.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{C Y_{d,máx}} \times 100 \quad [210.2]$$

Siendo:

$GC_i$ : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje;

$\gamma_{d,i}$ : Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total,

$\gamma_{d,máx}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 (ensayo normal de compactación) o INV E-142 (ensayo modificado de compactación);

$C_{\gamma d,máx}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 o INV E-142, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total;

Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (normas INV E-141 o INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ( $C_{\gamma d,máx}$ ) que se use para calcular el grado de compactación individual  $GC_i$  se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, PFG, presente en ese sitio.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, los criterios de aceptación serán los siguientes:

Para suelos de subrasante que clasifican como A-1, A-2-4 y A-3, el valor del peso unitario seco máximo se obtendrá según la norma de ensayo INV E-142 y el lote se acepta si:

$$GC_i (90) \geq 95.0 \%$$

[210.3]

Para otros materiales de subrasante, el valor del peso unitario seco máximo se obtendrá según la norma de ensayo INV E-141 y el lote se acepta si:

$GCI(90) \geq 100.0\%$

[210.4]

Siendo:

GCI (90): Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) 107, “Control y aceptación de los trabajos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), a partir de los valores individuales del grado de compactación GCi.

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la subrasante.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados, homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

## 210.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cúbico ( $m^3$ ), aproximado al metro cúbico completo, de material excavado en su posición original. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Todas las excavaciones para explanación, canales y préstamos serán medidas por volumen ejecutado, con base en las áreas de corte de las secciones transversales del proyecto, original o modificado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutado el trabajo de excavación.

Si el Constructor modifica el perfil de la excavación antes de que el Interventor realice la medición, se deberá atener a lo que unilateralmente éste determine.

No se medirán las excavaciones que el Constructor haya efectuado por negligencia o por conveniencia por fuera de las líneas de pago del proyecto o las autorizadas por el Interventor. Si dicha sobre-excavación se efectúa en la subrasante o en una calzada existente, el Constructor deberá rellenar y

compactar los respectivos espacios sin costo adicional para el INVÍAS, usando materiales y procedimientos aceptados por el Interventor.

En las zonas de préstamo, solamente se medirán en su posición original los materiales efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes y pedraplenes; alternativamente, se podrá establecer la medición de los volúmenes de materiales de préstamo utilizados, en su posición final en la vía, reduciéndolos a su posición original mediante relación de densidades secas determinadas por el Interventor, teniendo en cuenta la corrección de partículas gruesas establecida por la norma INV E-228, siempre que ella se requiera.

No se medirán ni se autorizarán pagos para los volúmenes de material removido de derrumbes, durante los trabajos de excavación de taludes cuando, a juicio del Interventor, ellos fueren causados por procedimientos inadecuados o por negligencia del Constructor.

#### **210.7 FORMA DE PAGO**

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto o las instrucciones del Interventor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

El precio unitario para la excavación deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación, remoción, cargue, acarreo libre, y descargue en la zona de utilización o desecho. Se deberá considerar la mano de obra, equipos, herramientas utilizadas y los costos de administración, imprevistos y utilidad del Constructor.

Deberá cubrir, además, los costos de conformación y protección de la subrasante; los costos de compactación de la subrasante cuando corresponda, según se indica en el numeral 210.4.1.4.2; la conformación de las zonas laterales y las de préstamo y disposición de sobrantes; los costos de perforación en roca, precortes, explosivos y voladuras; la excavación de zanjas u obras similares y el mejoramiento de esas mismas obras o de cauces naturales; y la limpieza final.

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio e instante de utilización.

En las zonas del proyecto donde se deba realizar trabajo de descapote, el precio unitario deberá cubrir el almacenamiento de los materiales necesarios para las obras; y, cuando ellos se acordonen a lo largo de futuros terraplenes, su posterior traslado y extensión sobre los taludes de éstos, así como el traslado y extensión sobre los taludes de los cortes donde esté proyectada su utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el Interventor. De los volúmenes de excavación se descontarán, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de mamposterías; concretos; filtros; y subbases, bases y capas de rodadura tanto de pavimentos asfálticos como de pavimentos rígidos.

En los proyectos de ensanche o de modificación del alineamiento de calzadas existentes, donde se debe garantizar el tránsito, el Constructor deberá considerar en su precio unitario la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, así como todos los costos por concepto de la conservación de la superficie de rodadura existente.

El precio unitario para excavación de préstamos deberá cubrir todos los costos de desmonte, limpieza y descapote, entendiéndose en este caso como descapote la remoción necesaria de material para acceder al estrato apto de las zonas de préstamo; la excavación, cargue, acarreo libre y descargue de los materiales de préstamo efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes o pedraplenes; los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y de alquiler de las fuentes de materiales de préstamo; el drenaje de las zonas de préstamo; y los costos de adecuación paisajística de las zonas de préstamo para recuperar las características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106, "Aspectos Ambientales". (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá pago por las excavaciones y disposición o desecho de los materiales no utilizados que hayan sido obtenidos en las zonas de préstamo.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

El transporte de los materiales provenientes de las excavaciones a una distancia mayor a cien metros (100 m) de acarreo libre se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 900, "Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes". (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)

## **210.8 ÍTEM DE PAGO**

210.1.1 Excavación sin clasificar de la explanación y canales **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

210.2.1 Excavación en roca de la explanación y canales **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

210.2.2 Excavación en material común de la explanación y canales (incluye cenizas volcánicas) **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

## **221 ARTÍCULO 221 PEDRAPLENES**

### **221.1 DESCRIPCIÓN**

#### 221.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la preparación de la superficie de apoyo del pedraplén y la colocación y compactación de materiales pétreos adecuados, de las características indicadas en los numerales 221.2 y 221.4.3, y de acuerdo con los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Interventor.

#### 221.1.2 Partes del pedraplén

En los pedraplenes se distinguirán tres partes o zonas constitutivas:

- a) Transición, formada por la parte superior del pedraplén y con espesor igual a un metro (1m), salvo que los planos o las especificaciones particulares modifiquen dicha magnitud;
- b) Núcleo, parte del pedraplén comprendida entre el cimientado y la transición;
- c) Cimientado, parte inferior del pedraplén, en contacto con el terreno natural.

El núcleo y el cimientado constituyen el cuerpo del pedraplén.

#### 221.1.3 Corona (capa subrasante)

Es la zona comprendida entre la transición del pedraplén y la superficie de la explanación. Sus dimensiones y características son las mismas que se establecen para la corona de los terraplenes y están definidas en el Artículo 220, "Terraplenes" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **221.2 MATERIALES**

Los materiales por emplear en la construcción de pedraplenes pueden proceder de la excavación de la explanación o de fuentes aprobadas y provendrán de cantos rodados o rocas sanas, compactas, resistentes y durables.

Deberán cumplir con los requisitos establecidos en los documentos técnicos del proyecto. Si los documentos del proyecto no establecen estos requisitos, se utilizarán los siguientes:

#### 221.2.1 Granulometría

- El tamaño máximo no deberá ser superior a los dos tercios ( $2/3$ ) del espesor de la capa compactada;
- El porcentaje en masa de partículas menores al tamiz de 25.0 mm (1"), será inferior al treinta por ciento (30 %);
- El porcentaje en masa de partículas que pasen el tamiz de 75 m (No.200), será inferior al diez por ciento (10 %).

En adición a lo anterior, la curva granulométrica se ajustará a la franja indicada en la Tabla 2, en la cual "D" es el tamaño máximo nominal del material.

Tabla 2 Otros requisitos granulométricos del material para pedraplenes

TAMAÑO	% QUE PASA
D	90-100
D/4	45-60
D/16	25-45
D/64	15-35

Sin embargo, de acuerdo con la información obtenida durante la fase de experimentación a que se refiere el numeral 221.4.4, el Interventor podrá modificar esta franja, adaptándola a las características del material y al proceso que se apruebe para la ejecución de la obra.

Los requisitos de granulometría que se exigen en el presente numeral se refieren al material ya compactado. Las granulometrías obtenidas en otros instantes solamente tendrán valor orientativo, debido a las segregaciones y alteraciones inevitables durante la construcción.

## 221.2.2 Resistencia a la abrasión

Al ser sometido al ensayo de desgaste en la máquina de los Ángeles, gradación E, según norma de ensayo INV E-219, el material por utilizar en la construcción del pedraplén no podrá presentar un desgaste mayor de cincuenta por ciento (50 %).

## 221.3 EQUIPO

El equipo empleado para la construcción de pedraplenes deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

## 221.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 221.4.1 Generalidades

Los trabajos de construcción de pedraplenes se deberán efectuar según procedimientos puestos a consideración del Interventor y aprobados por éste. Su avance físico se deberá ajustar al programa de trabajo.

Si los trabajos de construcción de pedraplenes afectaren el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones con otras vías, el Constructor será responsable de mantenerlo adecuadamente.

### 221.4.2 Preparación de la superficie de apoyo

Antes de proceder a la colocación y compactación de los materiales del pedraplén, se deberán realizar el desmonte, la limpieza y la excavación de la capa vegetal y material inadecuado de acuerdo con lo establecido en los Artículos 200, “Desmonte y Limpieza” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), y 210, “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), si ello está previsto en el proyecto, así como la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes, conforme se indica en el Artículo 201, “Demolición y remoción” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Cuando se deban construir pedraplenes directamente sobre terrenos inestables compuestos por turba o arcillas blandas, se asegurará el retiro de estos materiales o su consolidación completa, antes de terminar la estructura de la carretera. En los casos en que dichas operaciones no resulten posibles porque el espesor de la capa inestable sea considerable, estos materiales se desplazarán por cargas sucesivas de material de pedraplén, ayudadas o no por voladuras con explosivos, según lo contemple el proyecto.

Si el proyecto lo considera, la superficie de apoyo también se podrá preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando un refuerzo con geosintéticos (geotextiles, geomallas, geoceldas o conjunto de estos) encima del cual se construirá el cuerpo del pedraplén. La colocación de los geosintéticos se realizará de conformidad con las indicaciones del proyecto o las instrucciones del Interventor y, en todo caso, será motivo de una especificación particular.

En las zonas de ensanche de pedraplenes existentes o en la construcción de pedraplenes sobre terreno inclinado, el Interventor podrá exigir el escalonamiento de la superficie inclinada mediante la excavación que considere pertinente, si ella no está prevista en los documentos del proyecto. Si el material cortado es del mismo tipo que el nuevo y cumple las condiciones exigidas para éste, se podrá reutilizar mezclándolo con el nuevo para su compactación simultánea; en caso contrario, deberá ser trasladado a un sitio de disposición adecuado

#### 221.4.3 Cuerpo y transición del pedraplén

El Interventor sólo autorizará la colocación de materiales de pedraplén cuando la superficie de apoyo esté adecuadamente preparada, según se indica en el numeral anterior. Se exceptúa de esta instrucción el caso en el cual la superficie de apoyo se obtenga por desplazamiento de suelos blandos mediante cargas sucesivas de material de pedraplén, tal como se indica en el mismo numeral.

El material de pedraplén se colocará en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y adecuado para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado y sin evidencias visibles de que se requiera una mayor consolidación en el material.

El espesor máximo de las capas compactadas se fijará, salvo autorización en contrario del Interventor, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Cimiento y núcleo: Un metro (1 m);
- Transición: El espesor de las capas compactadas deberá decrecer desde la parte inferior de esa zona hasta la superior, con el fin de establecer un paso gradual entre el núcleo y la corona, teniendo como restricción que se debe compactar mínimo en dos capas.

Además, entre los materiales pétreos empleados en las capas sucesivas de la transición, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

Siendo  $I_x$  la abertura del tamiz por el cual pasa el “x” por ciento en masa del material de la capa inferior y  $S_x$  la abertura del tamiz por el cual pasa el “x” por ciento en masa de material de la capa superior.

El espesor total de la transición será de un metro (1 m) o el que fije los planos o las especificaciones particulares, según se establece en el numeral 221.1.2.

El método que se apruebe para compactar las diferentes capas en que se construya el pedraplén deberá garantizar la obtención de las compacidades deseadas y, para ello, se deberán determinar en la fase de experimentación la granulometría del material, el espesor de cada capa, el equipo de compactación y su número de pasadas.

Así mismo, la superficie compactada de cada capa deberá tener la pendiente transversal necesaria para asegurar la evacuación de las aguas superficiales sin peligro de erosión.

Si las cotas finales de la capa de transición resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el Constructor deberá retirar, mediante un procedimiento que resulte adecuado para el Interventor, el espesor en exceso.

#### 221.4.4 Fase de experimentación

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor propondrá al Interventor el método de construcción que considere más apropiado para cada tipo de material por emplear, con el fin de cumplir las exigencias de la presente especificación.

En dicha propuesta se especificarán las características de la maquinaria por utilizar, los métodos de excavación, cargue y transporte de los materiales, el procedimiento de colocación, los espesores de las capas y el método para compactarlas. Además, se aducirán experiencias similares con el método de ejecución propuesto, si las hubiere.

Salvo que el Interventor considere que con el método que se propone existe suficiente experiencia satisfactoria, su aprobación quedará condicionada a un ensayo en la obra, el cual consistirá en la construcción de un tramo experimental, en el volumen que estime necesario, para comprobar la validez del método propuesto o para recomendar todas las modificaciones que requiera.

Durante esta fase se determinará, mediante muestras representativas, la gradación del material colocado y compactado y se conceptuará sobre el grado de densificación alcanzado.

Así mismo, se efectuarán apiques y trincheras sobre el material compactado para verificar visualmente la uniformidad con que quedan colocados los materiales de las diversas capas.

Se controlarán, además, mediante procedimientos topográficos, las deformaciones superficiales del pedraplén, después de cada pasada del equipo de compactación.

#### 221.4.5 Corona del pedraplén

Su construcción se deberá ceñir, en todo, a lo establecido en el numeral 220.4.4, "Corona del terraplén" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), del Artículo 220, "Terraplenes" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 221.4.6 Limitaciones en la ejecución

La construcción de pedraplenes no se llevará a cabo en instantes de lluvia o cuando existan fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción de pedraplenes se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de

tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 221.4.7 Manejo ambiental

Sobre el particular, resultan aplicables las observaciones indicadas en el numeral 220.4.8 del Artículo 220, “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **221.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 221.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción;
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados;
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo;
- Comprobar que los materiales que se empleen en la construcción del pedraplén cumplan los requisitos de calidad mencionados en los numerales 221.2 y 221.4.3;
- Controlar los espesores y demás requisitos exigidos a las capas compactadas del cuerpo y la transición del pedraplén.

Los controles referentes a la corona se harán de acuerdo con lo que se establece en el numeral 220.5 del Artículo 220, “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 221.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### 221.5.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales empleados para la construcción de pedraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada una de ellas se le determinarán:

- La granulometría, según la norma de ensayo INV E-123;
- El desgaste en la máquina de los Ángeles, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-219.

Los resultados de los ensayos anteriores deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 221.2, so pena del rechazo de los materiales defectuosos.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las diferentes descargas de los materiales y ordenará el retiro de aquellos que, a simple vista, contengan tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, efectuará las verificaciones periódicas de calidad del material que se indican en la Tabla 3.

Tabla 3 Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una (1) vez por jornada
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-219	Una (1) vez al mes

El Interventor podrá autorizar el empleo de partículas con tamaño superior a los dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada en la construcción del cimiento y el núcleo, si considera que todos los vacíos son ocupados por material más fino, de modo de formar una masa densa y compacta.

En la construcción de la transición, el Interventor exigirá que la gradación de los materiales empleados se ajuste totalmente a las indicaciones del numeral 221.4.3, sin tolerancia alguna.

#### 221.5.2.2 Calidad del producto terminado

El Interventor exigirá que:

- Los taludes terminados no acusen irregularidades a la vista.
- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pedraplén no sea menor que la distancia señalada en los planos o modificada por él.
- Las cotas de terminación de la transición del pedraplén, conformado y compactado, no varíen en más de cincuenta milímetros (50 mm) de las proyectadas, aceptándose solamente tolerancia hacia abajo.

Teniendo en cuenta que la densidad de las capas no se puede verificar por métodos convencionales, ésta se considerará satisfactoria después de que el equipo de compactación pase sobre cada capa el número de veces definido en la fase de experimentación.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

## **221.6 MEDIDA**

La unidad de medida para los pedraplenes será el metro cúbico (m<sup>3</sup>) de material compactado, aceptado por el Interventor, en su posición final, aproximado al metro cúbico completo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los volúmenes de pedraplén serán medidos con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de pedraplenes. Dichas áreas estarán limitadas por las siguientes líneas de pago:

- a) Las líneas del terreno (terreno natural o descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes);
- b) Las líneas del proyecto (línea inferior de la corona, cunetas y taludes proyectados).

En aquellas zonas en que el pedraplén se construya sobre terrenos inestables, mediante el proceso de desplazamiento, el volumen de pedraplén empleado hasta alcanzar el nivel del terreno original, se medirá en metros cúbicos sueltos

(m<sup>3</sup>), aproximados al metro cúbico completo, los cuales serán verificados por el Interventor con base en el número de viajes vertidos.

No habrá medida de pedraplenes por fuera de las líneas del proyecto o de las establecidas por el Interventor, elaborados por el Constructor por negligencia o conveniencia para la operación de sus equipos.

Los rellenos con materiales sobrantes de excavación o de derrumbes que se coloquen sobre taludes de pedraplenes terminados no se medirán; su colocación y conformación deberán ser cubiertas con los Artículos 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y 211, "Remoción de derrumbes" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), respectivamente.

### **221.7 FORMA DE PAGO**

El trabajo de pedraplenes se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir los costos inherentes a los trabajos de preparación de la superficie de apoyo del pedraplén, la colocación, conformación y compactación de los materiales utilizados en la construcción de los pedraplenes y, en general, todo costo relacionado con su correcta construcción, de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Habrá pago separado para los diversos ítems relacionados con el descapote, los cortes de los taludes de los pedraplenes por ampliar, el drenaje de las áreas que hayan de recibir los pedraplenes y la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes, de acuerdo con los Artículos 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); 600, "Excavaciones varias" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); 673, "Subdrenes con geotextil y material granular" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y 201, "Demolición y remoción" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Los materiales para pedraplén se pagarán de acuerdo con lo indicado en el Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

El transporte de todos los materiales del pedraplén se pagará conforme se indica en el Artículo 900, "Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Si la preparación de la superficie de apoyo requiere la utilización de geosintéticos, éstos se pagarán con cargo a la especificación particular que se establezca para dicho trabajo. La corona del pedraplén se medirá y pagará conforme se indica en el Artículo 220, "Terraplenes" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **221.8 ÍTEM DE PAGO**

221.1 Pedraplen compacto

**Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

## 330 ARTÍCULO 330 BASE GRANULAR

### 330.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor.

### 330.2 MATERIALES

#### 330.2.1 Clases de base granular

Se definen tres clases de base granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en la Tabla 4. Los documentos del proyecto definirán la clase de base granular por utilizar en el proyecto; así mismo, definirán el tipo de granulometría por emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de base granular se usarán como se indica en la Tabla 4, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 4 Uso típico de las diferentes clases de base granular

CLASE DE BASE GRANULAR	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase C	NT1
Clase B	NT2
Clase A	NT3

Los agregados para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 5. Además, se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 6; salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, para niveles de tránsito NT-3 se usarán bases granulares de gradación gruesa.

#### 330.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

Tabla 5 Requisitos de los agregados para bases granulares

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLAS E C	CLAS E B	CLAS E A
<b>Dureza (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)				
- 500 revoluciones	E-218	40	40	35
- 100 revoluciones		8	8	7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	30	25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos				
- Valor en seco, mínimo (kN)	E-224	-	70	90
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		-	75	75
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)				
- Sulfato de sodio	E-220	12	12	12
- Sulfato de magnesio		18	18	18
<b>Limpieza (F)</b>				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	-	-
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	3	0	0
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2	2	2
<b>Geometría de las Partículas (F)</b>				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%)				
- Una cara	E-227	50	70	100
- Dos caras		-	50	70
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	-	35	35
<b>Resistencia del material (F)</b>				

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 80	≥ 80	≥ 95
--	-------	------	------	------

Nota 1: El ensayo de Valor de azul de metileno solo será exigido cuando el equivalente de arena del material de base granular sea inferior a treinta (30), pero igual o superior a veinticinco (25)

Tabla 6 Franjas granulométricas del material de base granular

TIPO GRADACIÓN	DE	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
		37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
		1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA									
<b>BASES GRANULARES DE GRADACIÓN GRUESA</b>									
<b>BG-40</b>	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9	
<b>BG-27</b>	-	100	75-100	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9	
<b>BASES GRANULARES DE GRADACIÓN FINA</b>									
<b>BG-38</b>	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15	
<b>BG-25</b>	-	100	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15	
<b>Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)</b>	0 %	7 %			6 %		3 %		

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el

Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una “Fórmula de Trabajo” a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 5, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), no deberá exceder de 2/3 y el tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

### **330.3 EQUIPO**

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). Para la construcción de la base granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

### **330.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

#### **330.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### **330.4.2 Preparación de la superficie existente**

El Interventor sólo autorizará la colocación de material de base granular cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos o definidas por él, con las tolerancias establecidas. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Constructor hará las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

#### 330.4.3 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del Artículo 300 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 330.4.4 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deberán cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 de Artículo 300 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 330.4.5 Extensión y conformación del material

El material se deberá disponer en un cordón de sección uniforme donde el Interventor verificará su homogeneidad. Si la capa de base granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, éstos se deberán mezclar en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área del proyecto no está permitida. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el

grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el Constructor propondrá al Interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y calidad de la capa.

#### 330.4.6 Compactación

Una vez que el material extendido de la base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

#### 330.4.7 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Constructor deberá responder por los daños producidos por esta causa, debiendo proceder a la reparación de los mismos con arreglo a las indicaciones del Interventor.

#### 330.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de ninguna capa de material de base granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se podrá ejecutar la base granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de la base granular se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 330.4.9 Bacheos

En las excavaciones para reparación de un pavimento existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y sub-base granular) que tengan una profundidad superior a trescientos milímetros (300 mm), se empleará material de base granular para su relleno por encima de la sub-base granular descrita en el numeral 320.4.10 del Artículo 320, "Sub-base granular" (Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), 2013), y hasta una profundidad de setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

Si la excavación tiene una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros y menor o igual a trescientos milímetros (> 150 y <300 mm), ella se rellenará

con material de base granular hasta setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

En las excavaciones para reparación del pavimento existente cuya profundidad sea menor o igual a ciento cincuenta milímetros (<150 mm), no se empleará material de base granular en su relleno.

El material de base granular colocado en estos rellenos deberá ser compactado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la Red Vial Nacional tienen estructuras no convencionales, muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidas a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de base granular en las operaciones de bacheo en ellos y las respectivas profundidades de colocación, se deberán definir en los documentos del respectivo proyecto o, en su defecto, serán establecidos por el Interventor.

#### 330.4.10 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de base granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el Interventor, hasta el momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el Constructor deberá reparar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, todos los daños que se produzcan en la base granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

#### 330.4.11 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del Artículo 300 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **330.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

## 330.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## 330.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

### 330.5.2.1 Calidad de los agregados

#### 330.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 7. Los resultados de ellos deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

El ensayo para determinar el valor de azul de metileno sobre el agregado combinado sólo será necesario si el valor del equivalente de arena es inferior a treinta por ciento (30 %), pero es igual o superior a veinticinco por ciento (25 %).

Durante esta etapa, el Interventor deberá comprobar, además, que el material del descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

#### 330.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se ordenará que se acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le realizarán controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 7.

Tabla 7 Verificaciones periódicas de la calidad del material de base granular

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	Una(1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una(1) vez por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	Una(1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una(1) vez por semana
Valor de azul (si aplica)	E-235	Una(1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una(1) vez por semana

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 7, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se realizarán sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 5 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 330.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

#### 330.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deberán sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se tomarán muestras representativas del material colocado y compactado durante la

semana previa, las cuales se someterán a los ensayos que se indican en la Tabla 8. Los resultados de estos ensayos deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 330.2.2. Si no las cumplen, se suspenderá inmediatamente el empleo del material y se delimitará el área donde se haya utilizado, la cual deberá ser demolida y reconstruida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, empleando un material de base granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en el presente inciso.

Tabla 8 Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV
Granulometría	E-123
Límite líquido	E-125
Índice de plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

### 330.5.2.2 Calidad del producto terminado

#### 330.5.2.2.1 Terminado

La capa de base granular terminada deberá presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones; al ser barrida, la superficie deberá presentar una alta consolidación, con el agregado grueso expuesto y firmemente confinado por la matriz de agregado más fino. La matriz de agregado fino no deberá desplazarse bajo la acción del barrido o del tránsito normal.

Si el Interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, delimitará el área afectada y el Constructor deberá escarificarla en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, mezclará y compactará de nuevo hasta que tanto el área delimitada como las adyacentes cumplan todos los requisitos exigidos en el presente Artículo.

La capa de base granular terminada se deberá ajustar a las rasantes y a las pendientes establecidas en los documentos del proyecto, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor. Las variaciones de las cotas, respecto de las establecidas en el proyecto, no podrán exceder de + 0.0 mm y - 10.0 mm.

Si se detectan zonas con un nivel inferior a la tolerancia indicada, ellas se deberán escarificar en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), para enseguida agregar material de base, humedecer, mezclar, recomprimir y terminar la superficie hasta lograr la densidad seca y las cotas exigidas por la presente especificación. Alternativamente, el Interventor las podrá aceptar, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías.

Las áreas que presenten un nivel superior a la tolerancia especificada deberán ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir con las cotas y el espesor establecido en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

#### 330.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa compactada en el ancho total de la base granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) de base granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de base granular, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [330.1]$$

Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{C_{Y_{d,m\acute{a}x}}} \times 100 \quad [330.2]$$

Siendo:

GC<sub>i</sub>: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

y<sub>d,i</sub>: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E- 161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

y<sub>d,máx</sub>: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

C<sub>y<sub>d,máx</sub></sub>: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG) – Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material (C<sub>y<sub>d,máx</sub></sub>) que se use para calcular el grado de compactación individual GC<sub>i</sub> se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, PFG, presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i(90) \geq 98.0\%$ y $GC_i \text{ mínimo} \geq 95.0\%$	se acepta el lote	[330.3]
$GC_i(90) < 98.0\%$ o $GC_i \text{ mínimo} < 95.0\%$	se rechaza el lote	[330.4]

Siendo:

GC<sub>i</sub>: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

GCI(90): Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), a partir de los valores individuales del grado de compactación GC<sub>i</sub>.

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificados, homogenizados, llevados a la humedad adecuada y compactados nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado.

### 330.5.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada ( $e_m$ ), el cual no podrá ser inferior al de diseño ( $e_d$ ).

$e_m \geq e_d$	[330.5]
----------------	---------

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual ( $e_i$ ) deberá ser, cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño ( $e_d$ ), admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d$$

[330.6]

Si se incumple alguno de estos requisitos, el Constructor deberá escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características y recomprimir y terminar la capa conforme lo exige el presente Artículo.

Si el espesor medio resulta inferior al espesor de diseño, pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el Interventor podrá admitir el espesor construido, siempre que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para el Instituto Nacional de Vías. Si el Constructor no suscribe este compromiso, se procederá como en el párrafo anterior.

#### 330.5.2.2.4 Planicidad

Se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el Interventor lo considere conveniente; la regla se colocará tanto paralela como normalmente al eje de la vía y no se admitirán variaciones superiores a diez milímetros (10 mm), para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia será delimitada por el Interventor, y el Constructor deberá corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente Artículo.

#### 330.5.2.2.5 Zonas de bacheos

En las zonas de bacheos se deberán satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a juicio del Interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual dependerá del tamaño de las áreas tratadas.

#### 330.5.2.2.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base granular por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

### 330.6 MEDIDA

La base granular se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). En el caso de bacheos con material granular de base, se aplicará lo descrito en el numeral 300.6.2 del mismo Artículo.

### 330.7 FORMA DE PAGO

La base granular se pagará según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del Artículo 300 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### 330.8 ÍTEM DE PAGO

330.3 Base granular Tipo C

**Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

## 350 ARTÍCULO 350-P. SUELO - CEMENTO

### 350.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una capa estructural de pavimento, constituida por una mezcla uniforme de suelos o agregados (material adicionado totalmente o resultante de la escarificación de la capa superficial existente, o una mezcla de ambos), cemento hidráulico, agua y eventualmente aditivos, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

### 350.2 MATERIALES

#### 350.2.1 Clases de suelo-cemento

Se definen 2 clases de suelo-cemento como se indica en la Tabla 9, en función de los criterios para el diseño de la mezcla.

Tabla 9 Clases de suelo - cemento

CLASE DE SUELO-CEMENTO	SC-D	SC-R
Criterios de diseño de la mezcla Numeral 350.4.1.1	Durabilidad	Durabilidad y Resistencia

Los documentos del proyecto definirán la clase de suelo-cemento por utilizar en el proyecto; además, definirán el tipo de gradación, dentro de las opciones mencionadas en la Tabla 10. En el caso de las mezclas tipo SC-R, los documentos del proyecto pueden, además, especificar una resistencia mínima superior a la establecida en el numeral 350.4.1.1.

#### 350.2.2 Suelos o agregados por estabilizar

El material por estabilizar con cemento hidráulico podrá provenir de la escarificación de la capa superficial existente, o ser un suelo natural proveniente de excavaciones o zonas de préstamo, o agregados locales, o escorias, o mezclas de ellos. El material, ya combinado, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar el correcto fraguado del cemento. Se deberá, ajustar a la franja granulométricas que se

muestran en la Tabla 10.

Tabla 10 Franjas granulométricas para material filtrante

TAMIZ	% PASA
2	100
¾"	75 - 100
3/8"	55 - 85
# 4	40 - 65
# 10	25 - 45
# 40	0 - 25
# 60	0 - 15
# 200	0

### 350.2.3 Cemento

El cemento para la estabilización deberá ser cemento hidráulico de uso general, el cual deberá cumplir lo especificado en el Artículo 501, "Suministro de cemento hidráulico" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)

No se permitirá el empleo de cemento que haya fraguado parcialmente o que contenga terrones del producto endurecido. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

### 350.2.4 Agua

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la siguiente tabla.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> , g/l máximo	D 516	1.0

### 350.2.5 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla.

Así mismo, el Constructor puede poner a consideración del Interventor el empleo de aditivos con los mismos propósitos; en particular, el empleo de retardadores de fraguado para extender el tiempo de trabajo de las mezclas.

En todos los casos, los aditivos que se empleen deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494; además, el Constructor deberá realizar los ensayos que demuestren que los aditivos cumplen su función prevista con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

### **350.3 EQUIPO**

Básicamente, el equipo estará constituido por equipos para la escarificación y la disgregación del material (si se requiere), la elaboración de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material de curado de la capa compactada, equipo para la formación de las juntas, equipos de transporte y herramientas menores.

#### **350.3.1 Equipo para la elaboración de la mezcla de suelo-cemento**

Los documentos del proyecto definirán el tipo de equipo para elaborar la mezcla de suelo-cemento, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora.

Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se dará por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Sólo se permitirá el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos técnicos del proyecto lo señalen taxativamente.

Si los documentos del proyecto exigen la preparación de la mezcla en una planta, deberán establecer en detalle las características de la planta y el procedimiento para la ejecución de los trabajos; si no lo establecen, se aplicarán las características de la planta y los procedimientos descritos en el Artículo 630, "Concreto estructural " (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), para la elaboración de concreto.

En cualquier caso, el equipo para la mezcla que suministre el Constructor deberá ser capaz de lograr una completa homogenización de los componentes, dentro de las tolerancias establecidas en este Artículo.

### 350.3.2 Equipos para explotación y manejo de materiales

En caso de que la estabilización incluya materiales transportados, el equipo deberá incluir, también, elementos para su explotación, cargues, transportes, eventual trituración y clasificación.

### 350.3.3 Equipos para escarificación

Si está prevista la utilización de los materiales existentes en la vía, se deberá contar con elementos apropiados para su escarificación.

## 350.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 350.4.1 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

#### 350.4.1.1 Diseño de la mezcla

La mezcla de suelo-cemento se diseñará mediante los criterios de durabilidad y resistencia indicados en la Tabla 11. El contenido mínimo de cemento será aquel que permita cumplir con los parámetros definidos en la tabla citada, pero en ningún caso será inferior a tres por ciento (3 %) de la masa seca del material por estabilizar.

Los valores de referencia asociados al criterio de durabilidad dependen de la clasificación del material por estabilizar según el sistema AASHTO, norma INV E-180.

Tabla 11 Criterios de diseño para la mezcla de suelo-cemento

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	SC-D	SC-R
<b>Durabilidad</b>			
Máxima pérdida de masa de la mezcla compactada en prueba de humedecimiento y secado, %			

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

	E-612		
- Suelos A-1; A-2-4; A-2-5; A-3		14	
- Suelos A-2-6; A-2-7; A-4; A-5		10	
- Suelos A-6; A-7		7	
<b>Resistencia</b>			
Comportamiento de la resistencia con:	E-614	Crece	
- Incremento en el contenido de cemento		Crece	
- Incremento en la edad			
Resistencia a la compresión a 7 días,			
MPa			
- Mínima	E-614	(Nota 1)	2.1 (Nota 2)
- Máxima		4.5	4.5

*Nota 1. La resistencia mínima será la que se obtenga en la mezcla de diseño que cumpla con el criterio de durabilidad.*

*Nota 2. Los documentos del proyecto pueden establecer un valor mayor de resistencia a la compresión a 7 días.*

#### 350.4.2 Fórmula de trabajo

Dentro de la franja granulométrica elegida, el Constructor propondrá al Interventor una “Fórmula de Trabajo” a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

La fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla deberá indicar:

- La granulometría del material
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño
- El tipo y la marca de los aditivos empleados en el diseño
- El contenido óptimo de cemento (CFT %)
- El valor de pérdidas por durabilidad
- El valor de resistencia a la compresión a los 7 días (Rd)
- Los porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada deberá cumplir con los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o la curva granulométrica incumple las tolerancias que se indican en la Tabla 10, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

#### 350.4.3 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el Constructor elaborará secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el Interventor, donde se probará el equipo y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Con base en los resultados que se obtengan a partir de muestras tomadas del suelo-cemento, el Interventor evaluará su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, humedad, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

En caso que los ensayos indicasen que el suelo-cemento no se ajusta a dichas condiciones, éste deberá ser removido y reemplazado por el Constructor a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; antes de efectuar el reemplazo, el Constructor deberá hacer las modificaciones necesarias a los equipos y procedimientos de construcción y, si fuese preciso, deberá modificar el diseño.

El proceso se repetirá cuantas veces sea necesario hasta que las secciones de ensayo resulten satisfactorias para el Interventor.

#### 350.4.4 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de construir la capa de suelo-cemento se comprobará que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad y la planicidad apropiadas, así como las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación

respectiva, se deberán corregir de acuerdo con lo indicado en ella, a plena satisfacción del Interventor.

En caso de que la construcción se vaya a realizar únicamente con el material existente en la calzada, éste se deberá escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa de suelo-cemento alcance el espesor señalado en los planos o indicado por el Interventor.

Si se contempla la adición de un material de aporte para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente, antes de iniciar la pulverización del material.

En todos los casos en que el proceso involucre el material del lugar, parcial o totalmente, se deberá comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el Interventor ordenará las modificaciones previas que considere necesarias.

En todos los casos deberá estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada que requieran ser construidos, previamente a la construcción de la capa de suelo-cemento.

#### 350.4.5 Transporte y almacenamiento de suelos y agregados

Cuando la construcción del suelo-cemento incluya suelos o agregados de aporte, éstos se transportarán en vehículos apropiados protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurándolos a la carrocería de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

Cuando se requiera almacenar los suelos o agregados, se deberá tener en cuenta lo indicado en el numeral 300.4.3 del Artículo 300. “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 350.4.6 Mezcla en vía

#### 350.4.6.1 Disgregación del material

Antes de aplicar el cemento, si el material por tratar, sea que haya sido escarificado en el lugar o transportado desde los sitios de origen aprobados por el Interventor, o una mezcla de ambos, presenta grumos o aglomeraciones de partículas, se disgregará con el equipo de construcción aprobado a partir de los resultados de la fase de experimentación en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

El proceso de disgregación continuará hasta que se logren los requerimientos granulométricos del numeral 350.2.2. La longitud de calzada disgregada no deberá exceder de la que se pueda tratar y compactar de acuerdo con esta especificación en dos (2) días de trabajo, salvo autorización escrita del Interventor.

Una vez disgregado el material, éste se deberá conformar a la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

#### 350.4.6.2 Aplicación del cemento

El cemento se podrá aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el agregado o suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, la humedad del material no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el material.

#### 350.4.6.3 Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado. El número de pasadas dependerá del equipo utilizado y será el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se añadirá el agua faltante y se continuará mezclando hasta que la masa resultante presente completa

homogeneidad. La humedad de la mezcla deberá ser la establecida en la fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos uno por ciento (+/- 1 %).

#### 350.4.7 Mezcla en planta

La mezcla elaborada en la planta aprobada luego de la fase de experimentación, se transportará al sitio en volquetas estancas y cubiertas, aptas para el transporte de concreto, cumpliendo con los requisitos y los procedimientos establecidos en los numerales 500.3.2 y 500.4.6 del Artículo 500 "Pavimento de concreto hidráulico" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 350.4.8 Extensión y conformación

La mezcla elaborada sobre la vía se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos. Para el caso de mezcla en planta, si los documentos del contrato así lo requieren, se usará una máquina extendedora para estas labores; si no lo requieren, la mezcla se podrá extender y conformar con motoniveladora.

En todo caso, la cantidad de material extendido y conformado deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de suelo-cemento por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de cada una de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

El material extendido y conformado deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

#### 350.4.9 Prefisuración

Cuando los documentos técnicos del proyecto así lo indiquen, se efectuará una prefisuración de las capas de suelo-cemento antes de iniciar su compactación. La necesidad de efectuar la prefisuración dependerá de factores tales como la posición de la capa dentro de la estructura, el tipo de

rodadura, la resistencia del material de suelo- cemento y el tipo de medidas que eventualmente contemple el proyecto para evitar o controlar que el desarrollo de fisuras de contracción en la capa de suelo-cemento deteriore la rodadura del pavimento; uno de los criterios para decidir si se requiere la prefisuración puede ser que se superen las resistencias máximas de la mezcla.

La prefisuración consistirá en la ejecución de juntas transversales en fresco, es decir, del material extendido pero sin compactar. El diseño establecerá la distancia a la cual se deben realizar las juntas transversales en fresco; en general, la separación entre juntas estará comprendida entre tres y cuatro metros (3 a 4 m).

Para la ejecución de las juntas transversales en fresco, se utilizarán equipos que efectúen en cada pasada un surco recto que penetre al menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa y que, al mismo tiempo, introduzcan en él un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Este producto podrá consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, una cinta de plástico flexible, un perfil ondulado de plástico rígido u otros sistemas que, además de impedir que se cierre de nuevo la junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de la junta.

Se emplearán el equipo y el método de ejecución aprobados por el Interventor, cuya eficacia haya sido comprobada después de la realización de la fase de experimentación.

#### 350.4.10 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase previa de experimentación.

El proceso de compactación deberá ser tal, que evite la formación de una costra o capa superior delgada, débilmente adherida al resto de la capa de suelo-cemento. En caso de que ella se produzca, deberá ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor

de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se deberá mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

#### 350.4.11 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deberán cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al efecto, al término de la jornada de trabajo se formará una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de suelo-cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deberán disponer también, mediante un procedimiento aceptable para el Interventor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

#### 350.4.12 Curado de la capa compactada

Terminada la compactación de la capa de suelo-cemento, ésta se deberá proteger contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete

(7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1, conforme se establece en el Artículo 422, “Riego de curado” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Si la aplicación del riego de curado no se hace inmediatamente después de terminada la compactación, deberá mantenerse la humedad de la superficie mediante riego frecuente de agua por aspersión.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro (24) horas después de terminada la compactación, la superficie de la capa de suelo-cemento deberá presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que permita el curado.

#### 350.4.13 Apertura al tránsito

La capa de suelo-cemento sólo se podrá abrir al tránsito público y al de los equipos de construcción a los siete (7) días de su compactación. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las áreas que deban ser objeto de corrección. Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Interventor definirá el instante de apertura definitiva de la capa compactada, al tránsito público.

#### 350.4.14 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cemento sólo se podrán llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5° C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella se produzca. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 350.4.5.3 de esta especificación, el Constructor deberá retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 350.4.15 Manejo ambiental

Se aplicará lo pertinente del numeral 300.4.8 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas" (Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), 2013).

#### 350.4.16 Conservación de la capa terminada

El Constructor deberá conservar la capa suelo-cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente deberá corregirlo a

plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

## **350.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

### 350.5.1 Controles

En adición a lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub.bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), se deberán efectuar ensayos de control de la mezcla y, una vez compactada, de densidad, espesor y planicidad de la capa terminada

### 350.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

#### 350.5.2.1 Calidad de los materiales

##### 350.5.2.1.1 Calidad de suelos o agregados por estabilizar

De cada fuente de suelos y agregados por utilizar en la producción de la capa de suelo-cemento y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y se ejecutarán los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 350.2.2.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los suelos y agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, se efectuarán las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 12.

El Interventor podrá adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 12 Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
<b>Composición (F)</b>		
Granulometría	E-123	1 por jornada
<b>Limpieza (F)</b>		
Límite líquido	E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Contenido de materia orgánica	E-121	1 a la semana

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 12, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 12 y adoptar los correctivos que sean necesarios. No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 350.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

#### 350.5.2.1.2 Calidad del cemento

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se efectuarán los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

Por ningún motivo se permitirá el empleo del cemento endurecido o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

#### 350.5.2.1.3 Calidad del agua

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se verificarán su pH y su contenido de sulfatos.

#### 350.5.2.1.4 Calidad de los aditivos y productos de curado

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

#### 350.5.2.2 Calidad de la mezcla

##### 350.5.2.2.1 Contenido de cemento

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 350.5.2.3, se determinará el contenido de cemento (norma de ensayo INV E- 617). Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida, abarcando todo su espesor, inmediatamente antes de iniciar la compactación.

El porcentaje de cemento promedio de las tres muestras que representan al lote, (CPL %), tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (CFT %).

$$\text{CFT \%} - 0.3 \% \leq \text{CPL \%} \leq \text{CFT \%} + 0.3 \% \quad [350.1]$$

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (CI %), no podrá diferir del valor promedio del lote (CPL %), en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{CPL \%} - 0.5 \% \leq \text{CI \%} \leq \text{CPL \%} + 0.5 \% \quad [350.2]$$

Un porcentaje de cemento promedio (CPL %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa de suelo-cemento.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional

de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

#### 350.5.2.2.2 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra se moldearán probetas (dos por muestra) según la norma de ensayo INV E-611, para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete (7) días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida y conformada inmediatamente antes de iniciar la compactación, abarcando todo su espesor.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote ( $R_m$ ), deberá ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el Constructor ( $R_d$ ) y aprobado por el Interventor, conforme se describe en el numeral 350.4.1.

$$R_m > 0.92 R_d \quad [350.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta ( $R_i$ ) deberá ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio, ( $R_m$ ).

$$R_i > 0.90 R_d \quad [350.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

#### 350.5.2.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de capa de suelo- cemento.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) de capa de suelo- cemento.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y deberá estar ajustada a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la capa compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deberán realizar los siguientes controles:

#### 350.5.2.3.1 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de suelo-cemento, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,máx}} \times 100 \quad [350.5]$$

Siendo:

GC<sub>i</sub>: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

y<sub>d,i</sub>: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E- 161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total;

y<sub>d,máx</sub>: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-611 “Relaciones humedad- densidad de mezclas de suelo-cemento”, realizado sobre una muestra representativa del mismo.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se aplicarán los siguientes criterios para la aceptación del lote:

$GCI(90) \geq 98.0\%$  se acepta el lote [350.6]

$GCI(90) < 98.0\%$  se rechaza el lote [350.7]

Siendo:

GCI(90): Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), a partir de los valores individuales del grado de compactación GCi.

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá remover la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

#### 350.5.2.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (em), el cual no podrá ser inferior al de diseño (ed).

$em > ed$  [350.8]

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (ei) deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (ed), admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$ei > 0.90 ed$  [350.9]

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote, En este caso, el Constructor deberá remover la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

#### 350.5.2.3.3 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente.

Todas las áreas de la capa de suelo-cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

### 350.6 MEDIDA

El suelo-cemento se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Si los documentos del proyecto indican que suministro del cemento hidráulico se paga por aparte, la unidad de medida de éste será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el Interventor. En este caso, para determinar la cantidad de cemento hidráulico efectivamente incorporado a la mezcla, se tomará el porcentaje de cemento promedio del lote (CPL), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla como se indica en el numeral 350.5.2.2.1, se efectuará el cálculo correspondiente y se aproximará al kilogramo completo.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

### **350.7 FORMA DE PAGO**

El suelo-cemento se pagará según lo establecido en el numeral 300.7 del Artículo 300 “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

El precio unitario debe incluir, además, el costo de la ejecución de la prefisuración mencionada en el numeral 350.4.8, incluyendo el suministro y la aplicación o instalación del producto que impida que las juntas se cierren de nuevo.

Si los documentos del proyecto especifican otro tipo de medidas para evitar o controlar el reflejo de fisuras, como instalación de geosintéticos o construcción de capas asfálticas de mezcla abierta, éstas se pagarán según el ítem correspondiente del contrato.

### **350.8 ÍTEM DE PAGO**

350-P.1 Suelo – Cemento (incluye suministro del cemento) **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

## **600 ARTÍCULO 600 EXCAVACIONES VARIAS**

### **600.1 DESCRIPCIÓN**

#### 600.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la excavación necesaria para las fundaciones de las estructuras a las cuales se refiere el presente Artículo, de acuerdo con los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en los planos u ordenados por el Interventor. Comprende, además, la construcción de sistemas de apuntalamientos y entibados, encofrados, ataguías y cajones y el sistema de drenaje que fuere necesario para la ejecución de los trabajos de excavación, así como el retiro subsiguiente de encofrados y ataguías. Incluye, también, la remoción, el transporte y la disposición de todo material que se encuentre dentro de los límites de las excavaciones y la limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo.

No se incluyen en este Artículo las excavaciones contempladas por el Artículo 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), las excavaciones para pilotes pre-excavados, las cuales están comprendidas en el Artículo 621 “Pilotes preexcavados” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), y cualquier otra excavación considerada en algún otro Artículo de estas especificaciones.

#### 600.1.2 Clasificación

##### 600.1.2.1 Excavaciones varias sin clasificar

Se refiere a los trabajos de excavaciones varias de cualquier material, sin importar su naturaleza ni la presencia de la tabla de agua.

##### 600.1.2.2 Excavaciones varias clasificadas

###### 600.1.2.2.1 Excavaciones varias en roca en seco

Comprenden la excavación del mismo tipo de material descrito en el numeral 210.1.3.2.1 del Artículo 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) .

#### 600.1.2.2.2 Excavaciones varias en roca bajo agua

Comprenden toda excavación cubierta por el numeral anterior, donde la presencia permanente de agua sobre el nivel de la excavación dificulte la ejecución de ésta.

#### 600.1.2.2.3 Excavaciones varias en material común en seco

Comprenden la excavación, en seco, de materiales no cubiertos por el numeral 600.1.2.2.1, "Excavaciones varias en roca en seco".

#### 600.1.2.2.4 Excavaciones varias en material común bajo agua

Comprenden toda excavación de los materiales considerados en el numeral anterior, pero donde la presencia permanente de agua sobre el nivel de la excavación dificulte la ejecución de ésta.

### **600.2 MATERIALES**

Los materiales provenientes de las excavaciones varias que sean adecuados y necesarios para la ejecución de rellenos, deberán ser almacenados por el Constructor para aprovecharlos en la construcción de aquellos, según lo determine el Interventor. Dichos materiales no se podrán desechar ni retirar de la zona de la obra para fines distintos a los definidos en los documentos del Contrato, sin la aprobación previa del Interventor.

Los materiales de las excavaciones varias que no sean utilizables, deberán ser dispuestos de acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor, en zonas de disposición o desecho aprobadas ambientalmente.

### **600.3 EQUIPO**

El Constructor propondrá, para consideración del Interventor, los equipos más apropiados para las operaciones por realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar, los cuales no deberán producir daños innecesarios en vecindades o en la zona de los trabajos; y deberán garantizar el avance físico

según el programa de trabajo, permitiendo el correcto desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

## **600.4 EJEUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### 600.4.1 Generalidades

El Constructor deberá notificar al Interventor, con suficiente antelación al comienzo de cualquier excavación, para que se efectúen todas las medidas y levantamientos topográficos necesarios y se fije la localización de la estructura en el terreno original, según el tipo de estructura de que se trate.

Antes de comenzar los trabajos de excavación, se deberán haber completado los trabajos previos de desmonte y limpieza, de conformidad con lo que resulte aplicable de lo especificado en el Artículo 200 “Desmonte y limpieza” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Si dentro de los límites de la excavación se encuentran estructuras, cimientos antiguos u otros obstáculos, éstos deberán ser retirados por el Constructor, quien no tendrá derecho a compensación adicional por las dificultades o contratiempos que ocasione la remoción y/o retiro de tales obstrucciones.

Siempre que los trabajos lo requieran, las excavaciones varias deberán comprender labores previas, tales como el desvío de corrientes de agua o la construcción de cauces provisionales u otras que contemplen los planos del proyecto o indique el Interventor.

Los bordes exteriores de las excavaciones deberán delimitarse perfectamente, mediante estacas, jalones y líneas de demarcación de sus contornos. En las proximidades de toda excavación destinada a fundar estructuras o instalar alcantarillas, se colocará a lo menos una estaca de referencia altimétrica. Será de responsabilidad del Constructor conservar en todo momento la estaca de referencia altimétrica hasta la recepción de los trabajos; el Interventor, podrá ordenar la paralización de las excavaciones que no cuenten con esas referencias.

Las excavaciones se deberán adelantar de acuerdo con los planos de construcción. Las cotas de fundación de zapatas indicadas en ellos se consideran aproximadas y, por lo tanto, el Interventor podrá ordenar que se

efectúen todos los cambios que considere necesarios en las dimensiones de la excavación, para obtener una cimentación satisfactoria.

El Constructor deberá tomar todas las precauciones para que la perturbación del suelo contiguo a la excavación sea mínima.

En caso de que al llegar a las cotas de cimentación indicadas en los planos, el material sea inapropiado, el Interventor podrá ordenar una excavación a mayor profundidad a efectos de obtener un material de fundación apropiado o, alternativamente, a excavar a mayor profundidad y rellenar con un material que cumpla requisitos de los denominados adecuados o seleccionados, de acuerdo con el numeral 220.2.1 del Artículo 220 “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), o según lo indiquen los documentos del proyecto.

En el primer caso, se deberá revisar los diseños de la estructura y efectuar las modificaciones que corresponda. En el segundo caso, el material de relleno será tratado conforme lo establece el Artículo 610, “Rellenos para estructuras” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

En ambos casos, el Interventor definirá las cotas hasta las cuales se deberá profundizar la excavación.

Para las excavaciones en roca, los procedimientos, tipos y cantidades de explosivos que el Constructor proponga utilizar, deberán contar con la aprobación previa del Interventor, así como la disposición y secuencia de las voladuras, las cuales se deberán proyectar de manera que su efecto sea mínimo por fuera de los taludes proyectados. En la dirección y la ejecución de estos trabajos se deberá emplear personal que tenga amplia experiencia al respecto.

Toda excavación que presente peligro de derrumbes que afecten el ritmo de los trabajos, la seguridad del personal o la estabilidad de las obras o propiedades adyacentes, deberá entibarse de manera satisfactoria para el Interventor. Los entibados deberán ser retirados antes de rellenar las excavaciones.

Si los sistemas de gravedad no son suficientes para mantener drenadas las excavaciones, se deberán instalar y mantener operando motobombas,

mangueras, conductos deslizantes y todos los dispositivos necesarios que permitan mantener el agua a un nivel inferior al del fondo de las obras permanentes. Durante el bombeo, se deberá tener la precaución de no producir socavaciones en partes de las obras o alterar las propiedades de los suelos.

Cualquier daño o perjuicio causado por el desarrollo de los trabajos, en la obra o en propiedades adyacentes, será responsabilidad del Constructor quien deberá reponer, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, los daños y perjuicios causados, a plena satisfacción del Interventor.

#### 600.4.2 Excavaciones para cimentaciones de estructuras de concreto

##### 600.4.2.1 Excavación

Los lugares para cimentaciones se deberán excavar conforme las líneas de pago indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor, para permitir la construcción de las mismas a todo su ancho y longitud y dejando un fondo con una superficie plana y horizontal.

Cuando la cimentación se deba asentar sobre una superficie excavada que no sea roca, el Constructor deberá tener especial cuidado para no perturbar el fondo de la excavación, tomando la precaución adicional de no remover el material del fondo de la excavación, en mínimo veinte centímetros (20 cm) (o lo que autorice el Interventor), hasta la cota de cimentación prevista, sino en el instante en que se esté por colocar el cimientó.

En las excavaciones de las fundaciones de estructuras en cajón y pilas, el Constructor podrá adoptar el sistema constructivo que estime conveniente, siempre y cuando cuente con la aprobación del Interventor. Podrá facilitar el procedimiento constructivo con el empleo de islas, plataformas, sistemas neumáticos, aire comprimido, lanzas de agua, equipos de alto rendimiento de origen minero, y cualquier otro sistema autorizado. El empleo de cualquiera de estos sistemas constructivos derivados de las dificultades de la ejecución de obra, no implicará ningún pago adicional al pactado para el precio unitario establecido en esta especificación.

Cuando se encuentre un fondo rocoso, la excavación se deberá ejecutar de tal forma, que la roca sólida quede expuesta y preparada en lechos horizontales

o dentados para recibir el concreto, debiendo ser removidos todos los fragmentos de roca suelta o desintegrada, así como los estratos muy delgados. Las grietas y cavidades que queden expuestas, deberán ser limpiadas y rellenadas con concreto o mortero.

Cuando se usen pilotes para soportar zapatas de estribos o pilas de puentes o viaductos, la excavación de cada fondo se deberá completar antes de iniciar la hincada y ésta deberá finalizar antes de comenzar la fundición de la zapata que se trate. Al terminar la hincada de los pilotes, el Constructor deberá retirar todo el material suelto o desplazado, con el fin de que quede un lecho plano y sólido para recibir el concreto.

#### 600.4.2.2 Ataguías y encofrados

Las ataguías y encofrados que se conformen para la protección de las excavaciones donde se van a construir los cimientos, se deberán llevar a profundidades y alturas apropiadas para que sean seguras y tan impermeables como sea posible, para realizar adecuadamente el trabajo por ejecutar dentro de ellas. Las dimensiones internas de las ataguías y encofrados deberán dejar espacio suficiente para la construcción de formaletas y la inspección de sus partes externas, así como para permitir el bombeo por fuera de aquellos.

Las ataguías y encofrados deberán ser contruidos en tal forma, que protejan el concreto fresco contra cualquier daño que pudiera ocasionarle una creciente repentina y para prevenir cualquier daño debido a la erosión. En las ataguías y encofrados no se deberán dejar maderos o abrazaderas que puedan penetrar en el concreto del cimiento, salvo que el Interventor lo autorice por escrito.

No se permitirá ningún apuntalamiento de ataguías y encofrados que pueda producir esfuerzo, golpe o vibración en la estructura permanente.

Las ataguías y encofrados inclinados o desplazados lateralmente durante el proceso de hincado, deberán ser enderezados, relocalizados o suplementados para obtener el espacio necesario y el lugar apropiado para la cimentación de la estructura.

Al terminar el trabajo de que se trate, el Constructor deberá desmontar y retirar la obra falsa, de tal manera que no ocasione ningún daño al cimiento terminado.

#### 600.4.2.3 Sello de concreto

Cuando, a juicio del Interventor, ocurran circunstancias que no permitan fundir el cimiento en seco, podrá exigir la construcción de un sello de concreto de las dimensiones que sean necesarias. El concreto se deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y deberá tener una resistencia mínima a la compresión de 21 MPa a 28 días.

Después de colocado el sello, el agua se extraerá por bombeo, continuándose la ejecución del trabajo en seco.

Cuando se utilicen encofrados de peso considerable con el fin de compensar parcialmente la presión hidrostática que actúa contra la base del sello de concreto, se deberán proveer anclajes especiales, tales como espigos o llaves, para transferir el peso total del encofrado a dicho sello.

Cuando el agua esté sujeta a mareas o corrientes, las paredes del encofrado se deberán perforar a la altura de la marea más baja, para controlar y obtener igual presión hidrostática dentro y fuera del elemento, durante la fundida y el fraguado de los sellos.

#### 600.4.2.4 Conservación de los cauces

A menos que una especificación particular indique algo diferente, no se permitirá ninguna excavación por fuera de los cajones, ataguías, encofrados o tablestacados, ni alterar el lecho natural de las corrientes adyacentes a la estructura, sin el consentimiento del Interventor.

Si se efectúa cualquier excavación o dragado en el sitio de la estructura antes de colocar los caissons, encofrados, ataguías o tablestacados, el Constructor deberá rellenar la zona excavada o dragada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, una vez colocada la cimentación, hasta la altura natural del terreno o lecho del río, con material aprobado por el Interventor.

En cursos de agua navegables, el Constructor deberá mantener, en todo momento, la profundidad del agua y los gálibos requeridos para el paso del tránsito lacustre o fluvial. También, deberá mantener luces y señales adecuadas durante todo el período de construcción.

Los materiales provenientes de las excavaciones de cimientos o rellenos de ataguías que se depositen en la zona de la corriente de agua, deberán ser retirados por el Constructor, dejando el lecho de la corriente en las mismas condiciones en que se encontraba originalmente.

#### 600.4.3 Excavaciones para alcantarillas

Las excavaciones para alcantarillas se deberán efectuar de conformidad con el alineamiento, dimensiones, pendientes y detalles mostrados en los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

Cuando se vaya a colocar una alcantarilla por debajo de la línea del terreno original, se deberá excavar una zanja a la profundidad requerida, de acuerdo a los Artículos 660 “Tubería de concreto simple” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), Artículo 661 “Tubería de concreto reforzado” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), Artículo 662 “Tubería metálica corrugada” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) o Artículo 663 “Tubería de plástico” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), según corresponda, conformándose el fondo de la misma de manera que asegure un lecho firme en toda la longitud de la alcantarilla. El ancho de dicha zanja deberá ser el mínimo que permita trabajar a ambos lados de la alcantarilla y compactar debidamente el relleno debajo y alrededor de ella. Las paredes de la zanja deberán quedar lo más verticales que sea posible, desde la cimentación hasta, por lo menos, la clave de la alcantarilla.

Cuando se encuentre roca, ya sea en estratos o en forma suelta, o cualquier otro material que por su dureza no permita conformar un lecho apropiado para colocar la tubería, dicho material deberá ser removido hasta más abajo de la cota de cimentación y reemplazado por un material de subbase granular compactado, en un espesor mínimo de quince centímetros (15 cm). Esta capa se deberá compactar, como mínimo al noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142), teniendo en cuenta la corrección por presencia de

partículas gruesas (norma de ensayo INV E-143), siempre que ella resulte necesaria.

Cuando se presenten materiales suaves, esponjosos o inestables que no permitan una base firme para la cimentación de la alcantarilla, dichos materiales deberán ser removidos en una profundidad igual al ancho de la excavación o la que autorice el Interventor, debiendo ser rellenados posteriormente con un material adecuado, según el numeral 220.2.1 del Artículo 220 “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) o según lo indiquen los documentos del proyecto, el cual se compactará debidamente, para obtener un lecho firme y homogéneo.

#### 600.4.4 Excavaciones para filtros

Las excavaciones para la construcción de filtros se deberán efectuar hasta la profundidad que se requiera y de conformidad con las dimensiones, pendientes y detalles que indiquen los planos del proyecto o determine el Interventor. Las paredes de las excavaciones deberán ser verticales y su fondo deberá ser conformado, a efecto de que quede una superficie firme y uniforme en toda su longitud.

#### 600.4.5 Excavaciones para gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, descoles y zanjas

Las excavaciones para la fundación de gaviones y muros de contención de suelo reforzado con geotextil, así como las necesarias para la construcción de descoles, zanjas y obras similares, se deberán realizar de conformidad con las dimensiones y detalles señalados en los planos o determinados por el Interventor.

#### 600.4.6 Bombeo

En cualquier excavación que lo requiera, el bombeo se deberá hacer de manera que excluya la posibilidad de arrastrar cualquier porción de los materiales colocados. No se permitirá bombear agua durante la colocación del concreto o durante las veinticuatro (24) horas siguientes, salvo que el bombeo se pueda efectuar desde un sumidero apropiado, separado de la obra de concreto por un muro impermeable u otros medios efectivos.

No se deberá iniciar el bombeo para drenar una ataguía o un encofrado sellado, hasta tanto el sello haya fraguado suficientemente para resistir la presión hidrostática y, en ningún caso, antes de siete (7) días o el lapso adicional que autorice el Interventor.

#### 600.4.7 Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el Constructor deberá limpiar y conformar las zonas laterales de la misma y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y las indicaciones del Interventor.

#### 600.4.8 Limitaciones en la ejecución

Las excavaciones varias sólo se llevarán a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente, a la sombra, no sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de excavaciones se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 600.4.9 Manejo ambiental y otras consideraciones

Todas las labores de excavaciones varias se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Los desvíos provisionales de los cursos de agua no podrán dar lugar a modificaciones permanentes en los lechos de quebradas y ríos. Así mismo, se deberá evitar el represamiento y el empozamiento de agua que puedan

originar áreas insalubres causantes de la proliferación de mosquitos y otras plagas.

Todos los materiales removidos de las excavaciones y que no tengan uso previsto en la obra deberán ser cuidadosamente recuperados para evitar que puedan ser arrastrados a cursos de agua, y serán transportados y depositados en lugares apropiados, de la manera prevista en los documentos del proyecto u ordenada por el Interventor.

En cuanto a hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico, se seguirá lo dispuesto en el numeral 210.4.6 del Artículo 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **600.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

### 600.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado del equipo de construcción.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de construcción.
- Vigilar el cumplimiento del programa de trabajo.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Verificar el alineamiento, el perfil y las secciones de las áreas excavadas.
- Comprobar la lisura y la firmeza del fondo de las excavaciones.
- Medir los volúmenes de trabajo realizado en acuerdo a la presente especificación.

El Interventor verificará que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos para la ejecución de los trabajos.

### 600.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El trabajo se dará por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección de la excavación estén de acuerdo con los planos del proyecto y las

instrucciones del Interventor y éste considere, además, que la conservación de cauces es satisfactoria.

En ningún punto, la excavación realizada podrá variar con respecto a la autorizada por el Interventor en más de tres centímetros (3 cm) en cota, ni en más de cinco centímetros (5 cm) en la localización en planta.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, a plena satisfacción del Interventor.

## **600.6 MEDIDA**

La unidad de medida de las excavaciones varias será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado a la décima de metro cúbico, de material excavado en su posición original, determinado dentro y hasta las líneas de pago indicadas en los planos y en esta especificación o autorizadas por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No habrá ninguna medida por los sobrecanchos que se requieran para colocar encofrados, ni por el material que se haya excavado antes de que se hayan realizado los levantamientos topográficos mencionados en el numeral 600.4.1.

Todas las excavaciones serán medidas por volumen realizado, verificado antes y después de ser ejecutado el trabajo de excavación. El Constructor deberá permitir que el Interventor realice las mediciones y verificaciones que éste considere pertinentes antes de cerrar la excavación; si el Constructor cierra la excavación antes de que el Interventor realice las mediciones y verificaciones, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente éste determine.

En excavaciones para estructuras, alcantarillas y filtros, toda medida se hará con base en caras verticales a partir de los bordes autorizados de la excavación. Las excavaciones efectuadas por fuera de estos límites y los volúmenes adicionales causados por facilidad constructiva, desprendimientos, derrumbes, hundimientos, sedimentaciones o rellenos debidos a causas naturales, descuido o negligencia del Constructor, no se medirán y su

corrección correrá por cuenta exclusiva de éste, a plena satisfacción del Interventor.

En caso de que ocurran derrumbes que el Interventor no atribuya a descuido o negligencia del Constructor, ellos se medirán, para efectos de pago, conforme lo establece el Artículo 211, “Remoción de derrumbes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

La medida de la excavación para la fundación de gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, así como para la ejecución de descoles, zanjas y similares, se hará con base en secciones transversales, tomadas antes y después de realizar el trabajo respectivo. No se incluirán en la medida las excavaciones realizadas por fuera de las líneas definidas en el proyecto o autorizadas por el Interventor.

#### **600.7 FORMA DE PAGO**

El trabajo de excavaciones varias se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto, la presente especificación y las instrucciones del Interventor, para la respectiva clase de excavación, ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de la excavación, eventual perforación y voladura, remoción, cargue, transporte y descargue de todos los materiales excavados en las zonas de utilización o desecho, así como su correcta disposición en estas últimas. También, deberá cubrir los costos de todas las obras provisionales y complementarias, tales como la construcción de accesos, desvíos de corrientes de agua, construcción de cauces provisionales, trabajos de conservación de cauces; ataguías, encofrados, caissons, tablestacados, andamios, entibados y desagües; y los equipos, bombeos, transportes, mano de obra, explosivos, limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio de utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el Interventor. De los volúmenes de excavación se descontarán, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras, mampostería, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, concretos, filtros, subbases, bases y capas de rodadura.

En el caso de que los trabajos afecten una vía en la cual exista tránsito automotor, el precio unitario deberá incluir, además, los costos de señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Los trabajos de desmonte y limpieza previos a la ejecución de las excavaciones, se medirán y pagarán de acuerdo con el Artículo 200, “Desmonte y limpieza” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

El sello de concreto para la protección del fondo de la excavación, cuando se requiera, se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 630, “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **600.8 ÍTEM DE PAGO**

600.1.1 Excavaciones varias sin clasificar	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>
600.2.1 Excavaciones varias en roca en seco	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>
600.2.3 Excavaciones varias en material común en seco	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>

## **610 ARTICULO 610 RELLENOS PARA ESTRUCTURAS**

### **610.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la colocación en capas, humedecimiento o secamiento, conformación y compactación de los materiales adecuados provenientes de la misma excavación, de los cortes o de otras fuentes, para rellenos a lo largo de estructuras de concreto y alcantarillas, previa la ejecución de las obras de drenaje y subdrenaje contempladas en el proyecto o autorizadas por el Interventor.

Incluye, además, la construcción de capas filtrantes por detrás de los estribos, muros de contención y otras obras de arte, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor, en aquellos casos en los cuales dichas operaciones no formen parte de otra actividad de las presentes especificaciones o de una especificación particular.

### **610.2 MATERIALES**

Los materiales que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras deberán provenir de las excavaciones del proyecto, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; estarán libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; no tendrán características expansivas ni colapsables. Su empleo deberá ser autorizado por el Interventor.

Los documentos del proyecto indicarán los tipos de material por utilizar en las diferentes partes de los rellenos para estructuras. En los siguientes numerales se presentan las características de los materiales típicos que se usan en estos rellenos; los diferentes Artículos, así como las especificaciones particulares, pueden establecer requisitos adicionales o diferentes a los aquí mencionados para cada uno de los tipos de material de relleno.

#### **610.2.1 Suelos**

Deberán cumplir los requisitos establecidos en los documentos técnicos del proyecto. Si los documentos del proyecto no establecen estos requisitos, se utilizarán los indicados en la Tabla 13.

Tabla 13 Requisitos de los suelos para rellenos de estructuras

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Tamaño máximo, mm	E-123	7 5	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2 mm (No. 10) en masa, máximo	E-123	8 0	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) en masa, máximo	E-123	2 5	35	35
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	0	1.0	1.0
Límite líquido, máximo (%)	E-125	3 0	40	40
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	1 0	15	-
CBR de laboratorio, mínimo (%) (Nota 1)	E-148	1 0	5	3
Expansión en prueba CBR, máximo (%) (Nota 1)	E-148	0 0	2.0	2.0
Índice de colapso, máximo (%) (Nota 2)	E-157	2 0	2.0	2.0
Contenido de sales Solubles, máximo (%)	E-158	0 2	0.2	-

Nota 1. Los valores de CBR y expansión indicados en la Tabla están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 610.5.2.2.1); el CBR y la expansión se medirán sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.

Nota 2. La muestra para el índice de colapso se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 610.5.2.2.1 y con la humedad correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.

#### 610.2.2 Recebo

El material de recebo deberá cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 11; además, se deberá ajustar a alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 12.

#### 610.2.3 Materiales granulares tipo SBG o BG

Estos materiales granulares se denominan tipo SBG, por su similitud con el material de subbase granular para tránsito NT1 (Artículo 320 “Sub-base granular” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)) y tipo BG, por su similitud con el material de base granular para tránsito NT1 (Artículo 330 “Base granular” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)). Deberán cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 14; además, deberán satisfacer alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 15.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una “Fórmula de Trabajo” a la cual se deberá ajustar durante la construcción del relleno, con las tolerancias que se indican en la Tabla 15, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), no deberá exceder de 2/3 y el tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

Tabla 14 Requisitos para material de recebo

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	
		Recebo tipo 1	Recebo tipo 2
<b>Dureza (O)</b>			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50	65
<b>Limpieza (F)</b>			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	45	45
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	10	12
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	1.0	1.0
Expansión en prueba CBR, máximo (%) <i>Nota 1</i>	E-148	2.0	2.0
<b>Resistencia del material (F)</b>			
CBR de laboratorio, mínimo (%) <i>(Nota 1)</i>	E-148	10	10
Expansión en prueba CBR, máximo (%) <i>Nota 1</i>	E-148	2.0	2.0

Nota 1. Los valores de CBR y expansión indicados en la Tabla están asociados al grado de compactación mínimo especificado (numeral 610.5.2.2.1); el CBR y la expansión se medirán sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.

Tabla 15 Franjas granulométricas para material de recebo

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)				
	75	38	25.0	4.75	0.075
	3"	1 1/2"	1"	No. 4	No. 200
	% PASA				
RE-75	10-0	-	70-100	30-75	5-30
RE-38	-	100	70-100	30-75	5-30
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		7 %		6 %	3 %

Tabla 16 Requisitos para materiales granulares tipo SBG o BG

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO	
		TIPO SBG	TIPO BG
<b>Dureza (O)</b>			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50	40
<b>Durabilidad (O)</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18
<b>Limpieza (F)</b>			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2	2
<b>Geometría de las Partículas (F)</b>			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

#### 610.2.4 Material granular filtrante

El material granular filtrante deberá satisfacer los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 17; además, deberá cumplir con alguna de las granulometrías que se indican en la Tabla 18.

Tabla 17 Franjas granulométricas para materiales granulares tipo SBG o BG

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
	50.0	37.5	25.0	20.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA										
<b>SBG-50</b>	100	70-95	60-90	-	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

<b>SBG-38</b>	-	100	75-95	-	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
<b>SBG-20</b>	-	-	-	100	60-87	50-80	35-65	24-49	8-30	2-15
<b>BG-38</b>	-	100	70-100	-	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
<b>BG-25</b>	-	-	100	-	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15
<b>Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)</b>	0 %			7 %				6 %		3 %

Tabla 18 Requisitos de los agregados para material granular filtrante

CARACTERÍSTICA		NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
<b>Dureza (O)</b>			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)		E-218	50
<b>Durabilidad (O)</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio		E-220	12 18
<b>Limpieza (F)</b>			
Límite líquido, máximo (%)		E-125	No plástico
Índice de plasticidad, máximo (%)		E-125 y E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)		E-133	25
Contenido de terrones delezna- bles, máximo (%)	de arcilla y partículas	E-211	2

Tabla 19 Franjas granulométricas para material granular filtrante

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)											
	150	100	75	50	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.600	0.150	0.075
	6 "	4 "	3 "	2 "	1 "	1/2 "	3/8 "	No. 4	No. 10	No. 30	No. 100	No. 200
% PASA												
MF-150	100	90-100	80-100	70-95	60-80	40-70	-	10-20	0	-	-	-
MF-75	-	-	100	-	91-97	-	79-90	66-80	-	0-40	0-8	0-2
MF-50	-	-	-	100	70-90	55-80	-	35-65	25-50	15-30	0-3	0-2

### 610.2.5 Gravilla

La gravilla de rellenos para estructuras deberá satisfacer los requisitos de calidad se indican en la Tabla 20; además, deberá cumplir con la granulometría que se indica en la Tabla 21.

Tabla 20 Requisitos para gravilla de rellenos para estructuras

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18
<b>Limpieza (F)</b>		
Contenido de terrones delezna- bles, máximo (%)	E-211	0.25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1.0

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

<b>Geometría de las Partículas (F)</b>		
Índice de alargamiento, máximo (%)	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%)	E-230	25

Tabla 21 Franja granulométrica para gravilla de rellenos para estructuras

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	37.5 1 1/2"	25.0 1"	19.0 3/4"	12.5 1/2"	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.00 No. 10
	% PASA						
<b>UNICA</b>	100	70-100	54-100	20-80	0-60	0-25	0

## 610.2.6 Arena

La arena de rellenos para estructuras deberá satisfacer los requisitos de calidad y gradación que se especifican en la Tabla 19 y la Tabla 20, respectivamente.

## 610.3 EQUIPO

Los equipos para la extensión, el humedecimiento y la compactación de los rellenos para estructuras, deberán ser los apropiados para garantizar la ejecución de los trabajos de acuerdo con las exigencias del presente Artículo.

Tabla 22 Requisitos para arena de rellenos para estructuras

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	10
- Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio		15
<b>Limpieza (F)</b>		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznales,	E-211	1

máximo (%)		
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 $\mu$ m (No.200), % máximo	E-214	5
<b>Contenido de materia orgánica (F)</b>		
Color más oscuro permisible	INV E-212	Igual a Muestra patrón

Tabla 23 Granulometría para arena de rellenos para estructuras

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.36 No. 8	1.18 No. 16	0.6 No. 30	0.3 No.50	0.15 No.100
	PORCENTAJE QUE PASA (%)						
<b>UNICA</b>	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

## 610.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 610.4.1 Generalidades

El Constructor deberá notificar al Interventor, con suficiente antelación al comienzo de la ejecución de los rellenos, para que éste realice los trabajos topográficos necesarios y verifique la calidad del suelo de cimentación, las características de los materiales por emplear y los lugares donde ellos serán colocados, sin que ello exima, de alguna manera, la responsabilidad que tiene el Constructor para garantizar la calidad de los trabajos.

Antes de iniciar los trabajos, las obras de concreto o alcantarillas contra las cuales se colocarán los rellenos, deberán contar con la aprobación del Interventor.

Cuando el relleno se vaya a colocar contra una estructura de concreto, sólo se permitirá su colocación después de catorce (14) días de fundido el concreto, o hasta que la resistencia de este alcance el doble del valor del esfuerzo de trabajo impuesto por la carga diseño.

Los rellenos estructurales para alcantarillas de tubería podrán ser iniciados inmediatamente después de que el mortero de la junta haya endurecido lo suficiente para que no sufra ningún daño a causa de estos trabajos.

Siempre que el relleno se haya de asentar sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficial o subterránea, previamente se deberán desviar las primeras y captar y conducir las últimas fuera del área donde se vaya a construir el relleno, labores que se efectuarán de acuerdo con los Artículos 600, “Excavaciones Varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y 673 “Subdrenes con geotextil y material granular” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), respectivamente.

Todo relleno colocado antes de que lo autorice el Interventor, deberá ser retirado por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

#### 610.4.2 Preparación de la superficie base de los rellenos

El terreno base del relleno deberá estar libre de vegetación, tierra orgánica, materiales de desecho de construcción u otros materiales objetables, y deberá ser preparado de acuerdo con lo señalado en el numeral 220.4.2 del Artículo 220 “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 610.4.3 Extensión y compactación del material

Los materiales de relleno se extenderán en capas sensiblemente horizontales y de espesor uniforme, el cual deberá ser lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido.

Cuando el relleno se deba depositar sobre agua, las exigencias de compactación para las capas sólo se aplicarán una vez que se haya obtenido un espesor de un metro (1.0 m) de material relativamente seco.

Los rellenos alrededor de pilas y alcantarillas se deberán depositar simultáneamente a ambos lados de la estructura y aproximadamente a la misma elevación. Los rellenos al respaldo de estribos, muros y otras estructuras se realizarán de manera que no se pongan en peligro la integridad y la estabilidad de dichas obras, empleando procedimientos propuestos por el Constructor y aprobados por el Interventor.

Cuando no se contemple la colocación de material filtrante al respaldo de la estructura, se deberá colocar grava o roca triturada en las cercanías de los orificios de drenaje, para evitar presiones excesivas y segregación del material de relleno.

Durante la ejecución de los trabajos, la superficie de las diferentes capas deberá tener la pendiente transversal adecuada, que garantice la evacuación de las aguas superficiales sin peligro de erosión.

Una vez extendida la capa, se procederá a su humedecimiento, si es necesario. El contenido óptimo de humedad se determinará en la obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan en los ensayos realizados.

En los casos especiales en que la humedad del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, el Constructor deberá tomar las medidas adecuadas, pudiendo proceder a la desecación por aireación o a la adición y mezcla de materiales secos u otras sustancias apropiadas, aceptadas por el Interventor.

Obtenida la humedad apropiada, se procederá a la compactación mecánica de la capa. En áreas inaccesibles a los equipos mecánicos, se autorizará el empleo de compactadores manuales que permitan obtener los mismos niveles de densidad del resto de la capa. La compactación se deberá continuar hasta lograr los niveles de densidad a que se hace mención en el numeral 610.5.2.2.1.

La construcción de los rellenos se deberá hacer con el cuidado necesario para evitar presiones y daños a las estructuras contra las cuales se colocan.

#### 610.4.4 Capas filtrantes

Cuando se contemple la colocación de capas filtrantes detrás de estribos, muros y otras obras de arte, ellas se deberán colocar y compactar antes o simultáneamente con los demás materiales de relleno, tomando la precaución de que éstos no contaminen a aquellos.

#### 610.4.5 Acabado

Al concluir cada jornada de trabajo, la superficie de la última capa deberá estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias, sin peligro de erosión.

#### 610.4.6 Limitaciones en la ejecución

Los rellenos para estructuras sólo se llevarán a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente, a la sombra, no sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de rellenos para estructuras se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 610.4.7 Manejo ambiental

Todas las labores de rellenos para estructuras se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

### **610.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 610.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad mencionados en el numeral 610.2.
- Realizar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

- Verificar la densidad de cada capa compactada. Este control se realizará en el espesor de cada capa realmente construida, de acuerdo con el proceso constructivo aprobado.
- Controlar que la ejecución del relleno contra cualquier parte de una estructura, solamente se comience cuando aquella adquiera la resistencia especificada.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de relleno y material filtrante colocados en acuerdo a la presente especificación.

## 610.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

### 610.5.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales empleados para la construcción de rellenos y para cualquier volumen previsto, se tomarán, como mínimo dos (2) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán los parámetros indicados en el numeral 610.2 y sus respectivos sub-numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.4, 610.2.5 y 610.2.6, según el tipo de material de relleno. La totalidad de los resultados deberá satisfacer las exigencias indicadas en ellos, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los materiales y ordenará el retiro de aquellas que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Teniendo en cuenta que los volúmenes de rellenos para estructuras suelen ser inferiores a los requeridos para terraplenes, queda a juicio del Interventor el establecimiento de la frecuencia de ejecución de las diversas pruebas de calidad.

### 610.5.2.2 Calidad del producto terminado

Los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista.

La cota de cualquier punto de la subrasante en rellenos para estructuras, no deberá variar más de treinta milímetros (30 mm) de la proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota de subrasante podrá superar la cota del proyecto.

En las obras concluidas no se admitirá ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas superficiales.

En adición a lo anterior, se deberán adelantar las siguientes comprobaciones:

#### 610.5.2.2.1 Compactación

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas de relleno para estructuras en suelo, recebo y materiales granulares tipo SBG o BG, se calculará el grado de compactación individual  $G_{Ci}$  para cada sitio de ensayo de densidad en el terreno, de acuerdo con lo indicado en el numeral 220.5.2.2.2 del Artículo 220 “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), fórmulas [220.1] o [220.2] según aplique.

Para suelos que clasifican como A-1, A-2-4 o A-3, recibos y suelos granulares tipo SBG o BG, el valor del peso unitario seco máximo se obtendrá según la norma de ensayo INV E-142 y la capa de relleno se acepta si el grado de compactación individual  $G_{Ci}$ , calculado para todos los ensayos de densidad en el terreno efectuados en la capa, cumple el siguiente criterio:

$$G_{Ci} \geq 90.0 \%$$

[610.1]

Para suelos que no clasifican como A-1, A-2-4 o A-3, el valor del peso unitario seco máximo se obtendrá según la norma de ensayo INV E-141 y la capa de relleno se acepta si el grado de compactación individual  $G_{Ci}$ , calculado para todos los ensayos de densidad en el terreno efectuados en la capa, cumple el siguiente criterio:

$$G_{Ci} \geq 95.0 \%$$

[610.2]

El número de pruebas por ejecutar en cada capa para realizar el control, será definido por el Interventor.

Las capas de relleno que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán ser escarificadas, homogenizadas, llevadas a la

humedad adecuada y compactadas nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

La compactación de las capas de material filtrante, gravilla y arena se considerará satisfactoria cuando no haya evidencia visible de consolidación adicional al paso del equipo de compactación aprobado por el Interventor.

#### 610.5.2.2.2 Protección de la superficie del relleno

Al respecto, se aplica el mismo criterio indicado en el numeral 220.5.2.2.4 del Artículo 220 “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), en relación con la protección de la corona de terraplenes.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

#### **610.6 MEDIDA**

La unidad de medida para los volúmenes de rellenos será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico, de material compactado, aceptado por el Interventor, en su posición final. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E- 823.

Los volúmenes serán determinados con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de relleno. Dichas áreas estarán limitadas por las líneas de pago teóricas mostradas en los planos o autorizadas por el Interventor.

No habrá medida ni pago para los rellenos por fuera de las líneas del proyecto o de las establecidas por el Interventor, efectuados por el Constructor, ya sea por negligencia o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Tampoco se medirán los rellenos que haga el Constructor en sus caminos de construcción y obras auxiliares que no formen parte del proyecto.

#### **610.7 FORMA DE PAGO**

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

El trabajo de rellenos para estructuras se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes de materiales, la extracción, preparación y suministro de los materiales, así como su cargue, transportes, descargue, almacenamiento, colocación, humedecimiento o secamiento, compactación y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los rellenos para estructuras de acuerdo con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

No se pagará el suministro de materiales de relleno para estructuras que hayan sido obtenidos de las excavaciones de la explanación, canales y préstamos ni de las excavaciones varias del contrato, según los Artículos 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y 600 “Excavaciones varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) de estas especificaciones.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de adecuación de las fuentes de materiales al término de los trabajos para recuperar sus características hidrológicas superficiales, así como los de señalización preventiva de la vía y ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Los costos por concepto de preparación de las superficies sobre las cuales se construirán los rellenos y capas filtrantes, se reconocerán de acuerdo con el Artículo 220 “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) o el Artículo 600 “Excavaciones varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), el que resulte aplicable según las características de la obra que se construye. Si ninguno de estos Artículos forma parte del contrato, los costos de la preparación de la superficie existente deberán quedar incluidos dentro del precio unitario de los rellenos objeto del presente Artículo.

## **610.8 ÍTEM DE PAGO**

610.1 Rellenos para estructuras con suelo **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

610.4 Rellenos para estructuras con material granular tipo Sub Base **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

610.6 Relleno con gravilla **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

610.5 Relleno con arena **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

## **621 ARTICULO 621 PILOTES PREEXCAVADOS**

### **621.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la construcción de pilotes de concreto vaciados in situ, con o sin bases acampanadas, cuya ejecución se efectúa excavando previamente el terreno y rellenando la excavación con concreto fresco y las correspondientes armaduras, con los diámetros, longitudes y profundidades indicados en los planos del proyecto y de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

Dependiendo de las condiciones del suelo y de instalación, la ejecución de pilotes preexcavados puede requerir la instalación de camisas metálicas de soporte que pueden o no ser retiradas al final de la colocación del concreto; también, puede requerir la ejecución de la perforación y el vaciado del concreto bajo agua o bajo lodos de perforación

### **621.2 MATERIALES**

#### **621.2.1 Concreto**

El concreto que se utilice para los pilotes deberá cumplir con los requisitos aplicables del Artículo 630 “Concreto Estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). Los documentos del proyecto deberán definir la clase de concreto para los pilotes; salvo que los documentos del proyecto establezcan valores diferentes, el concreto tendrá una resistencia mínima a la compresión de 28 MPa a 28 días, con una relación agua/cemento máximo de 0.45 y un agregado de tamaño máximo de 32 mm.

El concreto deberá tener una fluidez suficiente para garantizar una continuidad en su colocación. La Tabla 24 establece los requisitos de asentamiento para el concreto de pilotes preexcavados, medido según la norma de ensayo INV E-404.

#### **621.2.2 Acero de refuerzo**

El acero empleado en la construcción de las canastas de refuerzo cumplirá con las características indicadas en el Artículo 640 “Acero de refuerzo” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Las armaduras transversales se sujetarán a las longitudinales, por amarres o soldadura. En pilotes hasta de diez metros (10 m) de longitud se podrán admitir los amarres, pero a partir de esta longitud, las armaduras deberán estar soldadas entre sí, al menos en uno (1) de cada dos (2) puntos de contacto.

Tabla 24 Requisitos de asentamiento para concreto de pilotes preexcavados

TIPO DE COLOCACIÓN	RECOMENDADO mm	LÍMITES DE ACEPTACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN, mm	
		MÍNIMO	MÁXIMO
S e c o	165	140	190
Bajo agua o lodo de perforación	200	175	225

#### 621.2.3 Camisas de acero

El acero estructural empleado en la fabricación de las camisas de contención deberá ser de calidad AASHTO M-270, grado 36, a no ser que los documentos del proyecto exijan algo diferente.

#### 621.2.4 Lodo de perforación

El lodo de perforación empleado deberá ser una suspensión de mineral arcilloso procesado, consistente en bentonita o atapulgita, con agua limpia. El lodo de perforación deberá tener la viscosidad suficiente y las características gelatinosas apropiadas para transportar el material excavado hasta un sistema de cernido adecuado; el porcentaje del mineral arcilloso en la suspensión y la densidad del lodo deberán ser suficientes para mantener la estabilidad de la excavación y permitir el vaciado del concreto. En la Tabla 22 se indican los valores aceptables para las propiedades físicas de la suspensión.

Otras suspensiones conteniendo polímeros o polímeros con bentonita pueden ser usadas como lodos de estabilización en base a la experiencia exitosa de casos previos, en condiciones geotécnicas similares, o en el caso de realizar excavaciones de ensayo a escala natural in situ que demuestren un comportamiento satisfactorio; deberán cumplir lo especificado en la Tabla 22.

Tabla 25 Características de la suspensión mineral para lodos de perforación

PROPIEDAD	RANGO DE VALORES		MÉTODO DE PRUEBA (Nota 1)
	ANTES DE LA INTRODUCCIÓN DE LA SUSPENSIÓN	AL MOMENTO DE VACIADO	
Densidad, kN/m <sup>3</sup>	10.3 a 11.0	10.3 a 12.0	Balanza de lodos API 13B-1, Sección 1
Viscosidad, segundos	28 – 45	28 – 45	Cono Marsh API 13B-1, Sección 2
Contenido arena, % de	≤ 1%	≤ 6%	Medidor de contenido de arena API 13B-1, Sección 5
pH	8 - 11	8 - 11	Medidor pH

Nota 1: API = American Petroleum Institute

Nota 2: Los valores de densidad aumentan 0.3 kN/m<sup>3</sup> en agua salada.

Nota 3: El cono de Marsh especificado corresponde al modelo de 152 mm en boca de entrada y 4,76 mm en boca de salida, embudo de 305 mm de altura y salida de 50 mm de altura.

Nota 4: Las pruebas de viscosidad y pH se deben realizar durante la excavación del pozo, para establecer un patrón de trabajo consistente.

Nota 5: Antes de colocar las armaduras del pilote de concreto armado, se deberán tomar muestras del lodo de perforación a partir del fondo de la excavación y a intervalos que no excedan los 3 metros para la altura total del lodo de perforación. Cualquier lodo de perforación altamente contaminado que se haya acumulado en el fondo de la excavación del pilote deberá ser reemplazado. Las características del lodo de perforación deberán estar dentro de los requisitos especificados en la tabla al momento del vaciado.

## **621.3 EQUIPO**

La construcción de pilotes preexcavados requiere de equipos para la elaboración de agregados pétreos y la fabricación del concreto, los cuales deberán estar de acuerdo con el Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 630.3.

En relación con el resto del equipo requerido, dependerá del sistema de construcción adoptado, pero básicamente incluye grúas, taladros, barrenos, baldes de achique, equipo desarenador, equipo de muestreo, tuberías de vaciado, tuberías de revestimiento, bombas de concreto y, en general, cualquier otro equipo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

## **621.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### 621.4.1 Procedimiento constructivo

Con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos, el Constructor debe presentar para aprobación del Interventor el procedimiento constructivo, para aprobación del Interventor. El informe debe contemplar al menos los siguientes aspectos:

- Procedimiento de fabricación.
- Lista del equipo propuesto.
- Detalles de la secuencia de construcción.
- Detalles de los métodos de excavación de pozos.
- Detalles del método propuesto para mezclar, recircular y desarenar el lodo de perforación, en caso de que se requiera.
- Detalles de los métodos de limpieza.
- Métodos para verificar la profundidad del pilote.
- Métodos para verificar la forma de las campanas, si ellas se requieren.
- Detalles de la colocación del refuerzo.
- Detalles de colocación, curado y protección del concreto.
- Detalles de las pruebas de carga requeridas, o pruebas especiales.
- Información adicional requerida por el Interventor.

El Constructor no podrá iniciar la construcción de pilotes preexcavados mientras el procedimiento constructivo no haya sido aprobado por el

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Interventor. Tal aprobación no lo exime de la responsabilidad por los resultados obtenidos.

#### 621.4.2 Protección de estructuras existentes

El Constructor deberá tomar todas las precauciones necesarias para evitar daños a las estructuras e instalaciones existentes en vecindades de la zona de los trabajos. Estas medidas incluyen, pero no se limitan, a la selección de los métodos y procedimientos de construcción que eviten socavación excesiva en la excavación de pozos, monitoreo y control de vibraciones provenientes del hincado de camisas y de la perforación del pozo o de las voladuras, en caso de que ellas se permitan.

Todos los daños y molestias que se produzcan por este motivo serán de su única y absoluta responsabilidad y, por lo tanto, todas las acciones técnicas y de cualquier otra índole que deban acometerse para enfrentar y resolver la situación planteada, deberán ser ejecutadas por el Constructor sin costo adicional para el INVÍAS.

#### 621.4.3 Método de excavación

Toda excavación de fundaciones en las cuales existan pilotes preexcavados o perforados, deberá ser terminada antes que se inicie la construcción de los pilotes. Cuando se deban instalar pilotes preexcavados en conjunto con la colocación de terraplenes, los pilotes deberán ser construidos después de la colocación del relleno, a menos que los planos del proyecto o el Interventor indiquen lo contrario.

Se deberá llevar un registro continuo de la perforación de cada pilote, donde se consignen la profundidad y la calidad del terreno excavado, además de los rendimientos obtenidos durante el proceso.

Las excavaciones para pilotes acampanados se efectuarán de acuerdo con las dimensiones y cotas indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor. El método por utilizar será el señalado en los documentos del proyecto y deberá ser el adecuado para los fines propuestos y los materiales existentes. Si no se indica ningún método en particular, el Constructor podrá seleccionar

y utilizar el sistema que considere apropiado para realizar el trabajo, el cual deberá someter a la aprobación del Interventor.

#### 621.4.4 Verificación del fondo de la excavación

La cota de fondo del pilote mostrada en los planos se podrá ajustar durante el proceso de construcción, si se determina que el material de fundación encontrado no es adecuado y difiere del material considerado en el diseño de los pilotes.

El Constructor tomará las muestras o núcleos de roca indicados en los planos u ordenados por el Interventor para determinar las características del material que se encuentra por debajo de la excavación del pilote. El Interventor determinará, una vez inspeccionados los núcleos o las muestras, la profundidad final de la excavación del pozo.

Los materiales provenientes de la excavación y los líquidos utilizados en la perforación deberán ser retirados, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el proyecto o según lo ordene el Interventor.

Cuando los planos indiquen cimientos acampanados, éstos deberán ser excavados para conformar un área de apoyo de la forma y el tamaño indicados en los planos. La forma de campana se obtendrá mediante la utilización de métodos mecánicos de excavación.

#### 621.4.5 Hincas de camisas

Los revestimientos o camisas deberán ser metálicos, lisos, herméticos y suficientemente resistentes para soportar los esfuerzos de manejo e hincado, lo mismo que la presión ejercida por el concreto y el material de terreno circundante. El diámetro interior de las camisas no deberá ser inferior al tamaño especificado del pilote.

Las camisas, que podrán ser temporales o definitivas, se hincarán por un procedimiento adecuado, empleando equipos previamente aprobados por el Interventor.

En el caso de camisa permanente y al término de la excavación, el encamisado deberá ser recortado a la cota indicada.

Las camisas temporales deberán ser retiradas mientras el concreto sea manejable. Generalmente, el retiro de las camisas temporales no se deberá iniciar hasta tanto el concreto no se encuentre a nivel o por encima de la superficie del terreno. Se permite el empleo de un movimiento de rotación de la camisa ejerciendo presiones hacia arriba para facilitar su extracción o la utilización de un implemento vibratorio. La extracción de la camisa se deberá realizar lentamente, a una velocidad uniforme, con una tracción paralela al eje del pilote. Sobre el fondo de la camisa se deberá mantener una cabeza de concreto suficiente para vencer la presión hidrostática ejercida por el agua o el líquido de perforación que esté por fuera de la camisa.

#### 621.4.6 Lodos de perforación

Cuando se deba emplear la suspensión, cuyas características se han definido en el numeral 621.2.4, su nivel se deberá mantener a una altura adecuada para garantizar la estabilidad de la excavación; el nivel deberá estar siempre, como mínimo, un metro (1 m) por encima del nivel freático.

La suspensión mineral deberá ser premezclada con agua dulce y permitírsele suficiente tiempo de hidratación, antes de introducirla en la excavación del pozo.

Cuando lo indiquen los documentos del proyecto, se deberán proporcionar tanques adecuados para la suspensión, pero en este caso no se permiten pozos excavados de suspensión, a menos que el Interventor lo autorice por escrito. Se deberán tomar las medidas que se requieran, tales como agitación, circulación y ajuste de las propiedades de la suspensión, con el fin de evitar el fragüe de ésta en la excavación del pozo.

Antes de colocar el concreto del pilote, se deberán tomar muestras de la suspensión desde el fondo y a intervalos que no superen de tres metros (3.0 m) en toda la altura de la suspensión. Cualquier suspensión altamente contaminada que se haya acumulado en el fondo del pozo, deberá ser renovada.

Inmediatamente antes de iniciar el vaciado del concreto para el pilote, la suspensión mineral deberá estar dentro de los requisitos establecidos en la

Tabla 24. Si estos requisitos no se cumplen, la suspensión se deberá renovar hasta obtener los requisitos especificados, para poder iniciar el proceso de colocación del concreto.

#### 621.4.7 Inspección de la excavación

El Constructor deberá suministrar equipo para verificar las dimensiones y alineamientos de cada excavación de pilotes. Tal verificación deberá hacerla bajo la dirección del Interventor. La profundidad final del pozo se medirá luego de completar la limpieza final.

La excavación del pozo se deberá limpiar hasta que el cincuenta por ciento (50 %) de la base, como mínimo, tenga menos de un centímetro (1.0 cm) de sedimento y, en ningún lugar de la base, más de cuatro centímetros (4.0 cm) de sedimento.

La limpieza del pozo debe ser aprobada por el Interventor.

#### 621.4.8 Construcción y colocación de la canasta de refuerzo

La canasta de refuerzo comprende el acero indicado en los planos, adicionado de las varillas de refuerzo de la canasta y de espaciadores, centralizadores y otros accesorios necesarios completamente ensamblados y colocados como una unidad, inmediatamente después de que el Interventor inspeccione y acepte la excavación del pozo, y antes de la colocación del concreto.

El acero de refuerzo dentro del pozo se deberá amarrar y soportar dentro de las tolerancias permitidas, hasta que el concreto lo soporte por sí mismo.

Cuando se coloque el concreto por medio de tubería de vaciado, se deberán utilizar dispositivos de anclaje temporales, para evitar que la canasta se levante durante la colocación del concreto.

Los espaciadores de concreto o cualquier otro dispositivo de separación no corrosivo aprobado, deberán ser utilizados a intervalos que no excedan de uno y medio metros (1.5 m) a lo largo del pozo, para garantizar la posición concéntrica de la canasta dentro de la excavación.

Cuando las varillas de refuerzo longitudinal exceden de veinticinco milímetros (25 mm) (No. 8), dicho espaciamiento no deberá ser mayor de tres metros (3.0 m).

#### 621.4.9 Colocación, curado y protección del concreto

El concreto deberá ser vaciado dentro del pozo tan pronto como sea posible, luego de colocar la canasta de acero de refuerzo con todos sus aditamentos.

El Constructor cuidará que en ningún momento la altura de caída del hormigón sea más de 1.50 m; en caso de que el concreto vaya a ser colocado bajo agua o suspensión, deberá ser colocado mediante un tubo de vaciado (tubo tremie) o por medio de bombeo. El tubo tremie se mantendrá en todo momento con su punta hundida a lo menos dos metros (2 m) en el hormigón fresco. De esta forma, se garantizará la salida del hormigón contaminado a la superficie para su eliminación.

La colocación del concreto deberá ser continua hasta la cota superior del pozo y continuarse una vez llenado éste, hasta que se evidencie la buena calidad del concreto. No se aceptarán, en ningún caso, interrupciones, motivando el rechazo del pilote si esto sucediera.

Para pozos con diámetros inferiores a dos metros con cuarenta centímetros (2.40 m), el tiempo transcurrido desde el comienzo de colocación del concreto hasta su terminación no deberá exceder de dos

(2) horas. Para pozos de diámetro igual o mayor, la rata de colocación de concreto no deberá ser inferior a nueve metros (9.0 m) de altura del pozo por cada período de dos (2) horas.

La mezcla del concreto deberá ser de un diseño tal, que permita mantener su estado plástico durante el límite de colocación de dos (2) horas.

Cuando la cota superior del pilote queda por encima del terreno, la porción que sobresale del terreno deberá ser conformada con una formaleta removible o una camisa permanente, cuando así lo establezcan los documentos del proyecto.

El concreto del pilote deberá ser vibrado o manipulado con una varilla, hasta una profundidad de cinco metros (5.0 m) debajo de la superficie del terreno,

excepto cuando el material blando o suspensión que permanezca en la excavación pueda mezclarse con el concreto.

Luego de la colocación, las superficies expuestas transitoriamente del pilote de concreto deberán ser curadas. No se deberán ejecutar operaciones de construcción por lo menos durante cuarenta y ocho (48) horas después de la colocación del concreto, para evitar movimientos del terreno adyacente al pilote. Solamente se permite un vibrado moderado.

Las partes de pilotes expuestas a cuerpos de agua, deberán ser protegidas contra la acción del agua, dejando las formaletas por lo menos siete (7) días después de la colocación del concreto.

#### 621.4.10 Perforaciones de prueba para pilotes preexcavados

Se deberán ejecutar perforaciones de prueba para pilotes preexcavados, cuando se establezca de esta forma en los documentos contractuales o lo ordene el Interventor. Dichas pruebas se utilizarán para determinar si los métodos, el equipo y los procedimientos empleados por el Constructor son suficientes para lograr excavaciones de pilotes que cumplan con los requisitos de los planos y las especificaciones.

Durante la ejecución de las perforaciones de prueba, el Constructor deberá revisar en forma permanente el comportamiento de la excavación y, si es necesario, deberá realizar en forma oportuna los ajustes necesarios en los métodos, el equipo o los procedimientos empleados, con el fin de completar satisfactoriamente la excavación.

La localización de los sitios para la ejecución de las perforaciones de prueba de pilotes deberá ser la indicada en los planos u ordenada por el Interventor. El diámetro y la profundidad de las perforaciones de prueba deberán ser los mismos de los pilotes preexcavados definitivos mostrados en los planos u ordenados por el Interventor. Las perforaciones se llenarán con concreto simple, colocado de la misma manera que los pilotes definitivos, a menos que se muestre en los planos o se indique por el Interventor un material diferente de relleno.

#### 621.4.11 Pruebas de carga

Si los documentos del proyecto establecen la ejecución de pruebas de carga, éstas se deberán completar antes de proceder a la construcción de los pilotes preexcavados definitivos.

La localización de los pilotes de prueba y los pilotes de reacción, las cargas máximas por aplicar, el equipo de prueba que debe suministrar el Constructor y la ejecución de las pruebas de carga, corresponderán a lo indicado en los planos o en las disposiciones especiales. Los tipos de prueba serán los establecidos en los documentos del proyecto o los señalados por el Interventor; se utilizará el procedimiento que correspondan de los establecidos en las normas indicadas en la Tabla 26, según el tipo de prueba.

Tabla 26 Normas de referencia para pruebas de carga de pilotes

TIPO DE PRUEBA DE CARGA	NORMA ASTM
Carga de compresión axial estática	D 1143
Carga de tensión axial estática	D 3689
Carga lateral estática	D 3966
Prueba de carga dinámica de alta deformación	D 4945
Prueba de carga rápida a compresión por pulso de carga tipo Statnamic	D 7383

Luego de completarse la prueba, los pilotes de reacción que no han de ser utilizados como pilotes definitivos, se cortarán a un metro (1.0 m) por debajo de la superficie del terreno, y la parte cortada deberá ser retirada por el Constructor.

El Constructor deberá suministrar las cotas de punta especificadas para los pilotes definitivos dentro de las dos (2) semanas después de la última prueba de carga, lapso dentro del cual el Interventor analizará la información de las pruebas.

#### 621.4.12 Pruebas de integridad

Cuando los documentos del proyecto lo contemplen o, a juicio del Interventor, haya necesidad de comprobar la integridad de los pilotes, se efectuarán ensayos de integridad. Los tipos de prueba serán los establecidos en los documentos del proyecto o los señalados por el Interventor; se utilizará el procedimiento que correspondan de los establecidos en las normas indicadas en la Tabla 27, según el tipo de prueba.

Tabla 27 Normas de referencia para pruebas de integridad de pilotes

TIPO DE PRUEBA DE INTEGRIDAD	NORMA ASTM
Prueba de integridad de baja deformación por impacto	D 5882
Prueba de integridad por ultrasonido mediante probetas introducidas en tubos paralelos instalados dentro del pilote (crosshole testing)	D 6760

#### 621.4.13 Manejo ambiental

Todas las labores de pilotes prefabricados de concreto se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

### 621.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

#### 621.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar permanentemente el estado de funcionamiento del equipo de construcción.
- Vigilar que se apliquen métodos de trabajo apropiados para el tipo de obra en ejecución.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad establecidos en el numeral 621.2.

Adicionalmente, el Interventor, en particular, adelantará los siguientes controles principales:

- Exigir la presentación de los planos de trabajo por parte del Constructor.
- Verificar que el Constructor emplee el equipo aprobado.
- Exigir al Constructor la adopción de medidas para garantizar la protección de las estructuras vecinas a la zona de trabajo.
- Ordenar las pruebas necesarias para comprobar la integridad y la capacidad de carga de los pilotes y efectuar las determinaciones pertinentes.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas por el Constructor, en acuerdo a la presente especificación.

## 621.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

### 621.5.2.1 Calidad del concreto

En relación con la calidad de los ingredientes y de la mezcla de concreto, regirá todo lo aplicable del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 630.5.2.

No se aceptarán los pilotes cuya calidad de concreto resulte defectuosa.

El Constructor deberá ejecutar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, las verificaciones técnicas, los diseños y las obras que se requieran para sustituir los pilotes defectuosos por nuevos pilotes y reforzar las estructuras que se apoyen en ellos, de manera que se conserven las condiciones de resistencia, seguridad y funcionalidad del diseño original.

Las modificaciones propuestas por el Constructor deben ser aprobadas por el Interventor.

#### 621.5.2.1.1 Acero de refuerzo

La calidad del acero de refuerzo deberá cumplir lo establecido en el Artículo 640 “Acero de refuerzo” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 640.5.2.1.

En relación con las canastas de refuerzo, se aceptarán las tolerancias indicadas en el numeral 640.5.2.2 del mismo Artículo.

Las canastas de refuerzo que no cumpla estos requisitos no podrán ser instaladas en los pilotes del proyecto.

#### 621.5.2.2 Calidad de la suspensión

Sus características se deberán ajustar, en todo, a las exigencias del numeral 621.2.4.

No se podrá iniciar la construcción de los pilotes si la suspensión mineral que está lista para su uso no cumple con los requisitos establecidos en dicho numeral para el momento de introducirla en la perforación; tampoco se

autorizará el inicio del vaciado del concreto si la suspensión dentro de la perforación no cumple con los requisitos establecidos para el momento del vaciado.

#### 621.5.2.3 Camisas de acero

Su calidad deberá satisfacer las exigencias del numeral 621.2.3. Su diámetro será el establecido en los documentos del proyecto, con las tolerancias que se indican en el numeral siguiente.

Las camisas que no cumplan los requisitos no podrán ser instaladas en los pilotes del proyecto.

#### 621.5.2.4 Tolerancias de construcción

En la construcción de los pilotes preexcavados se aceptarán las siguientes tolerancias de construcción:

- El desplazamiento horizontal de los pilotes preexcavados, con respecto a la posición indicada en los planos del proyecto, no deberá exceder de siete y medio centímetros (7.5 cm), en cualquier dirección, en el nivel proyectado para la cabeza del pilote.
- El alineamiento vertical de la excavación del pilote no deberá variar del alineamiento proyectado en más de dos centímetros por metro (2 cm/m) de profundidad.
- Luego de colocado el concreto, el extremo superior de la canasta de refuerzo no deberá quedar más de quince centímetros (15 cm) por encima ni más de siete y medio centímetros (7.5 cm) por debajo de la posición proyectada.
- Cuando se utilicen camisas, su diámetro exterior no deberá ser inferior al diámetro del pilote indicado en los planos. En caso contrario, el diámetro mínimo del pozo perforado deberá ser igual al diámetro indicado en los planos para diámetros de sesenta centímetros (60 cm) o menos y hasta dos y medio centímetros (2.5 cm) menor de dicho diámetro, para pozos de diámetro superior a sesenta centímetros (60 cm).
- El área de apoyo de pilotes acampanados deberá ser excavada, como mínimo, igual al área de apoyo proyectada. Cualquier otra dimensión indicada para cilindros acampanados puede variar para ajustarse al equipo utilizado, siempre que lo apruebe el Interventor.

- El nivel superior del pozo no deberá exceder de dos y medio centímetros (2.5 cm) del nivel superior especificado.
- El fondo de la excavación del pozo deberá quedar normal al eje de éste, con una desviación máxima de seis centímetros por metro (6 cm/m) de diámetro del pozo.

No se aceptará ningún pilote que no cumpla con las tolerancias estipuladas. En tal caso, el Constructor deberá remitir para aprobación del Interventor los métodos correctivos y no podrá continuar con la construcción del pilote, hasta obtener la aprobación respectiva.

#### 621.5.2.5 Ensayos no destructivos

Cuando el pilote se construya por el método húmedo y cuando lo exijan los documentos del proyecto o el Interventor, el pilote terminado se deberá someter a pruebas no destructivas para determinar el alcance de los defectos que puedan presentarse en él.

El trabajo para tales pruebas se hará de acuerdo con los planos o las instrucciones del Interventor, y los materiales, equipos y personal calificado que sean necesarios, deberán ser suministrados por el Constructor.

Si los resultados de los ensayos no destructivos, tales como ensayos sónicos o de impedancia mecánica, revelaran posibles anomalías, el Interventor podrá ordenar la comprobación del diseño teórico del pilote o la comprobación de la continuidad del pilote mediante sondeos, de cuya interpretación podrá establecer la necesidad de realizar pruebas de carga, la reparación del pilote o su rechazo, siendo los costos, en cualquier caso, a cargo del Constructor.

Si las pruebas realizadas descubren la presencia de vacíos o discontinuidades que, a juicio del Interventor, indiquen que el pilote no es estructuralmente adecuado, o que disminuyan su capacidad estructural en más del 10 %, el pilote será rechazado y se suspenderá la construcción de pilotes adicionales hasta que el Constructor repare, reemplace o suplemente el trabajo defectuoso, y el Interventor apruebe el trabajo de reparación. La suspensión en la construcción de pilotes preexcavados deberá permanecer hasta que el Interventor apruebe las modificaciones que se deban hacer a los métodos de construcción de los pilotes, presentadas por el Constructor.

Todo defecto de calidad de los materiales, de ejecución o terminación de los pilotes preexcavados deberá ser corregido por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

## **621.6 MEDIDA**

### 621.6.1 Pilotes preexcavados

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de pilotes preexcavados de cada diámetro, construidos de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se realizará a lo largo del eje del pilote, a partir de las cotas de punta y de corte señaladas en los planos u ordenadas por el Interventor.

En la medida se incluirán los pilotes empleados en las pruebas de carga efectuadas por indicación de los documentos del proyecto o por solicitud del Interventor, así ellos no queden incorporados en la estructura permanente. No se medirán para pago los pilotes empleados en las pruebas de carga ordenadas por el Interventor por dudas en la calidad de algún pilote, como tampoco los empleados en las pruebas que se efectúen por solicitud del Constructor.

### 621.6.2 Bases acampanadas

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado a la centésima, de base acampanada de concreto construida de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se calculará con base en las dimensiones y formas especificadas en los planos y corresponderá al volumen por fuera de las dimensiones del pilote que se extiende hasta el fondo de la campana.

#### 621.6.3 Perforaciones de prueba para pilotes

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de perforación de prueba para pilote del diámetro especificado, ejecutada a satisfacción del Interventor. La medida se realizará desde la cota del terreno al instante de iniciar la perforación, hasta el fondo de ésta. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

#### 621.6.4 Perforaciones de prueba para bases acampanadas

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado a la centésima, de perforación de prueba para base acampanada ejecutada a satisfacción del Interventor. El volumen se calculará aplicando el mismo procedimiento descrito en el numeral 621.6.2. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

#### 621.6.5 Camisas permanentes

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de camisa permanente de cada diámetro, suministrada e instalada de manera satisfactoria para el Interventor. La medida se realizará a lo largo de la camisa, desde el nivel superior de ella o del pilote, el que sea menor, hasta el fondo de la camisa en cada lugar donde se haya autorizado su utilización. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

#### 621.6.6 Pruebas de carga

Las pruebas de carga se medirán por unidad (u), computándose únicamente las establecidas en los documentos del proyecto y las ordenadas por el Interventor, salvo en el caso señalado en el párrafo siguiente.

Las pruebas de carga ordenadas por el Interventor por dudas en la calidad del pilote no se medirán para pago, como tampoco las que se efectúen por solicitud del Constructor.

#### 621.6.7 Pruebas de integridad

Si los documentos del proyecto contemplan que las pruebas de integridad se pagan por separado, ellas se medirán por unidad (u), computándose

únicamente las establecidas en los documentos del proyecto y las ordenadas por el Interventor, salvo en el caso señalado en el párrafo siguiente.

Las pruebas de integridad ordenadas por el Interventor por dudas en la calidad del pilote no se medirán para pago, como tampoco las que se efectúen por solicitud del Constructor.

## **621.7 FORMA DE PAGO**

### **621.7.1 Pilotes preexcavados**

El pago de pilotes preexcavados se hará de acuerdo con el precio unitario del contrato y deberá incluir todos los costos relacionados con la excavación del pozo, retiro, cargue, transporte y disposición del material proveniente de la excavación, el suministro y la colocación del acero de refuerzo y el concreto, y el curado de este último, lo mismo que la mano de obra, equipo, materiales, suministro, instalación y remoción de las camisas temporales; así como la provisión de todos los demás accesorios necesarios para completar el trabajo de acuerdo con los planos y esta especificación, a satisfacción del Interventor.

El precio unitario deberá incluir los costos de las pruebas de integridad, incluyendo todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de preparación de los planos de trabajo, así como los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

### **621.7.2 Bases acampanadas**

El pago se hará al precio unitario del contrato por todo volumen de base acampanada construido de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá incluir los costos de excavación, remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto por fuera del diámetro del pilote perforado; así como toda la mano de obra, materiales, equipo y demás costos adicionales que se requieran para la correcta terminación de las bases acampanadas.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

### 621.7.3 Perforaciones de prueba para pilotes

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda perforación de prueba para pilotes ejecutada satisfactoriamente. El precio unitario deberá incluir todos los costos de excavación, remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto o material de relleno; así como toda la mano de obra, materiales, equipos y demás costos adicionales requeridos para la correcta ejecución de las perforaciones de prueba para pilotes de acuerdo con los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

Si los documentos del proyecto así lo establecen, el precio unitario deberá incluir los costos de las pruebas de integridad, incluyendo todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución. En caso contrario, estas pruebas se pagarán como se indica en el numeral 621.7.7.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

### 621.7.4 Perforaciones de prueba para bases acampanadas

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda perforación de prueba para bases acampanadas ejecutada a satisfacción del Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación y remoción, cargue, transporte y disposición del material excavado; suministro y colocación del concreto o material de relleno por fuera del diámetro del pilote perforado; así como toda la mano de obra, materiales, equipos y demás costos adicionales requeridos para la correcta terminación de las perforaciones de prueba para bases acampanadas.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

### 621.7.5 Camisas permanentes

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, el cual deberá cubrir todos los costos por concepto del suministro y la correcta instalación de las camisas permanentes en los sitios y con las dimensiones previstas en los documentos del proyecto o autorizados por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

#### 621.7.6 Pruebas de carga

Se pagarán al precio unitario del contrato, el cual deberá incluir todos los costos relacionados con su correcta ejecución, según lo determine el Interventor, incluido el corte de los pilotes de reacción y el retiro y la disposición del material cortado. El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

Las pruebas de carga en los pilotes de trabajo realizadas porque, a juicio del Interventor, existen dudas con respecto a la calidad del pilote, no se medirán ni se pagarán, como tampoco las que se efectúen por solicitud del Constructor.

#### 621.7.7 Pruebas de integridad

Si los documentos del proyecto contemplan que las pruebas de integridad se pagan por separado, el pago se hará al precio unitario respectivo, el cual deberá incluir todos los costos por mano de obra, equipo y materiales requeridos para su correcta ejecución. El precio unitario deberá incluir, además, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor

Las pruebas de integridad realizadas por porque, a juicio del Interventor, existen dudas con respecto a la calidad del pilote, no se medirán ni se pagarán, como tampoco las que se efectúen por solicitud de Constructor.

#### 621.7.8 Otras consideraciones

En todos los casos, el respectivo precio unitario deberá incluir los costos necesarios para la protección de las estructuras aledañas, así como los de señalización preventiva de la vía y ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de los trabajos. Los ensayos no destructivos en los pilotes, realizados por dudas en la calidad del pilote surgidas al Interventor por causas imputables al Constructor, no se medirán ni se pagarán, como tampoco las que se efectúen por solicitud de este último.

### **621.8 ÍTEM DE PAGO**

621.1 Pilote de concreto fundido in situ, de diámetro 1,50m, para pantalla de contención 28 MPa. Incluye acero de refuerzo. **Metro lineal (m)**

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

## **622 ARTÍCULO 622-P TABLESTACADOS**

### **622.1 DESCRIPCIÓN**

#### 622.1.1 Generalidades

Las excavaciones serán entibadas cuando sea necesario para prevenir el deslizamiento y desprendimiento del material de los taludes de la excavación, evitando daños a la obra, a las redes o a estructuras adyacentes. El entibado debe proporcionar condiciones seguras de trabajo y facilitar el avance del mismo. Deben entibarse todas las excavaciones de acuerdo con lo indicado en los planos, las ordenes de la interventoría y en profundidades mayores a 1.5 m (Artículo 616 del Estatuto de Seguridad Industrial, resolución No 02400 de 1979). Los entibados no se podrán apuntalar contra estructuras de concreto que no hayan alcanzado la suficiente resistencia. Si la Interventoría considera que en cualquier zona el entibado es insuficiente, podrá ordenar que se redefina el tipo de entibado a utilizar. Durante todo el tiempo, el Contratista deberá disponer de materiales suficientes y adecuados para entibar.

El Contratista debe colocar el entibado simultáneamente con el avance del proceso de excavación y es responsable de la seguridad del frente de trabajo. Si el Contratista no ha recibido la orden de entibar cuando ello sea necesario, procederá a realizar esta operación justificándola posteriormente ante la misma Interventoría.

En los casos en que se requiera colocar entibado se tendrá especial cuidado con la ubicación del material resultante de la excavación para evitar sobrecargas sobre éste. Dicho material se colocará en forma distribuida a una distancia mínima del borde de la excavación equivalente al 50% de su profundidad.

En general, el entibado será extraído a medida que se compacte el lleno, para evitar así el derrumbe de los taludes. Los vacíos dejados por la extracción del entibado, serán llenados cuidadosamente por apisonado o en la forma que indique la Interventoría. El Contratista tendrá la responsabilidad por todos los daños que puedan ocurrir por el retiro del entibado. Cuando la interventoría lo estime necesario, podrá ordenar por escrito que todo o parte del entibado colocado sea dejado en el sitio y en este caso, será cortado a la altura que se

ordene, pero por lo general tales cortes serán realizados 0,40 m por debajo de la superficie original del terreno.

Los elementos de un entibado en madera deben tener las dimensiones mínimas siguientes: 25 mm (1") de espesor para los tablones, los puntales o tacos estarán distanciados máximo 1,0 m. y tendrán una sección cuadrada de 100 mm x 100 mm (4" x 4") o sección circular de 100 mm (4") de diámetro. Se utilizará madera con una densidad mayor o igual a 0,4 gr/cm<sup>3</sup>, con una resistencia de trabajo a la flexión mayor o igual a 6 MPa (60 Kg/cm<sup>2</sup>). Ningún elemento podrá presentar hendiduras, nudos o curvaturas que afecten la calidad del entibado.

Cuando se indique en los planos se colocará el entibado particular especificado. De todas maneras, el Contratista velará y será el responsable de que las dimensiones y la calidad de la madera a utilizar sean las adecuadas para garantizar la resistencia requerida.

#### 622.1.2 Entibados

Los entibados consisten en elementos de estabilización temporal de excavaciones, los cuales se componen de paredes verticales, largueros o marcos que pueden ser verticales u horizontales y codales, puntales o travesaños horizontales entre las paredes de la excavación. Dichos elementos se encargan de distribuir, transmitir y soportar las cargas generadas por el empuje lateral de suelo.

Los entibados pueden ser en acero, madera, aluminio o combinaciones de éstos, en cualquier caso, éstos deben proporcionar resistencia suficiente para soportar esfuerzos de flexión y cortante causados por los empujes laterales del suelo en el momento de la instalación y en su retiro posterior. En el caso más desfavorable en el cual los entibados se encuentren instalados a una profundidad considerable, se debe seleccionar el equipo apropiado para realizar la remoción del entibado, el cual debe tener la capacidad de carga para levantar el peso de estos elementos, considerando los esfuerzos laterales del suelo que lo comprimen.

Los entibados deben cubrir totalmente las paredes de la excavación y deben estar correctamente acodalados y asegurados, evitando el asentamiento del terreno en la periferia de la misma.

El entibado debe ser retirado a medida que se vaya compactando el lleno, los vacíos resultantes de la extracción del entibado deben ser llenados por apisonado o según lo indicado por EPM, este puede ordenar si estima necesario que parte del entibado sea dejado en el sitio, por lo que este debe ser cortado a la altura indicada, pero generalmente estos cortes son realizados 0,40 m por debajo de la superficie original del terreno.

## 622.2 MATERIALES

- Zanja: Excavación estrecha realizada en el terreno en la cual generalmente la profundidad es mayor que el ancho.
- Largueros: Elementos en madera o metálicos instalados de forma horizontal y en contacto con la pared de la excavación o el entibado. Sus dimensiones dependen del diseño del entibado.
- Codales o riostras: Elementos en madera o metálicos colocados al interior de la excavación de forma horizontal entre las paredes de la excavación y perpendicular a ellas, apoyadas sobre los largueros, puntales o marcos, de acuerdo con el sistema de entibado seleccionado. Sus dimensiones dependen del diseño del entibado.
- Puntales: Elemento de madera o metálico, usado como soporte, que se instala verticalmente antes o después de acometer la excavación, a lo largo del contorno de la misma, con espaciamiento o sin él, y sobre los cuales se apoyan los codales. Sus dimensiones dependen del diseño del entibado.
- Paneles: Son elementos que abarcan el área de las paredes de la excavación para contener el suelo, estos elementos están apoyados en puntales mediante acoples. Sus dimensiones dependen del diseño del entibado.
- Tablestaca: Elementos laminares, flexibles, normalmente en acero que son conectados por sistemas de machihembrado o rotula, que forman una pared longitudinal y vertical continua. Su instalación se realiza mediante hincado o vibración, y sus dimensiones dependen del diseño y las condiciones particulares de la excavación.
- Marcos: Elemento de una estructura de contención temporal en excavaciones en forma de rectángulo, compuesto de piezas de madera o metal, contra las que se apoya los elementos de la estructura que se encuentran en contacto directo con el terreno. Sus dimensiones dependen del diseño del entibado.

Nota: Todos los materiales usados para conformar un entibado deben ajustarse a las especificaciones que se hayan definido en el diseño, los cuales deben cumplir con criterios de resistencia, durabilidad y estabilidad. Así mismo, se debe presentar a la Interventoría los certificados de calidad de los elementos y materiales a usar. Adicionalmente se debe asegurar que los elementos no presenten hendiduras, nudos o curvaturas que puedan afectar la calidad y comprometan la estabilidad del entibado.

### **622.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

#### **622.3.1 Entibados continuos de madera (entibado tipo i)**

Este tipo de entibados se usan cuando el nivel freático se encuentre por encima del fondo de la excavación en suelos heterogéneos. Las paredes de la zanja deben ser sostenidas totalmente por elementos continuos de madera y deben ser soportados lateralmente por largueros y puntales.

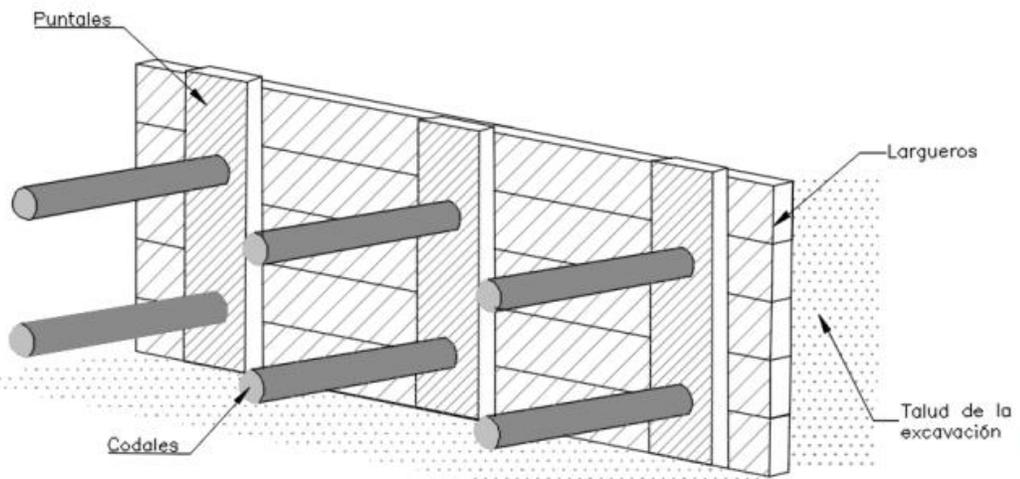
Estos entibados pueden ser usados únicamente para profundidades menores a 1,75 m, cuando la pendiente del terreno sea plana hacia ambos lados de la excavación de la zanja y cuando se presenten materiales con cohesión. Los elementos que lo conforman son los siguientes:

- Puntales: Tablas verticales de madera de sección rectangular mínima de 0,04 m x 0,20 m.
- Largueros: Vigas horizontales en madera de sección mínima 0,10 m x 0,20 m, con longitud máxima de 3,00 m.
- Codales: Postes metálicos telescópicos de diámetro mínimo de 152,4 mm (6") o postes en madera de diámetro mínimo igual a 0,15 m, distribuidos en niveles con separación vertical máxima de 1,60 m y separación horizontal máxima de 1,60 m en la zona central del larguero y de 1,40 m en los extremos del larguero.

Las dimensiones mencionadas anteriormente corresponden a valores mínimos, dichas dimensiones deben ser validadas y verificadas en el diseño del entibado, considerando las características del suelo, geometría de la excavación y las sollicitaciones de carga como, por ejemplo: proximidad a taludes, viviendas, zonas inestables, obras hidráulicas, postes de energía, materiales de acopio, equipos, tránsito vehicular, entre otros.

A continuación, se presenta de manera esquemática la configuración de un entibado continuo de madera

Ilustración 1 Entibado continuo de madera



#### Notas:

La madera que se use para la conformación de los entibados, debe cumplir con las que especifica el título G de la norma NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. No se admite el uso de maderas verdes, o maderas deterioradas con presencia de hongos o plagas que alteren la capacidad estructural del elemento. Adicionalmente la madera debe estar libre de grietas, alabeos y torceduras.

La madera debe tener una densidad igual o mayor a  $0,5 \text{ g/cm}^3$ , con base en un contenido de humedad igual o menos al 15% y resistencia a la flexión igual o mayor a 15 MPa.

#### 622.3.2 Entibados continuos de metálico entibado (tipo ii)

El entibado metálico tiene como objeto evitar el hundimiento, desplome, deslizamiento o desprendimiento del material de los taludes verticales de conformación de la zanja mediante el soporte lateral de las paredes en este tipo de excavaciones. La anterior función del entibado deriva en la protección que se le debe brindar al personal que labora en el interior y alrededor de la zanja, a las edificaciones vecinas colindantes, al tránsito de personas y vehículos, a las redes

existentes y en general para la ejecución segura de los trabajos de excavación en zanjas y el avance de los mismos.

Para esta especificación particular se entenderá que el entibado metálico corresponde a cualquiera de los tipos que se nombran en los planos del proyecto, que en adelante se mencionará como plano de “Tipos de Entibados”.

La presente especificación define el uso de entibado metálico tipo II, el cual aplican para excavaciones de zanjas a cielo abierto con las especificaciones indicadas en el plano de “Tipo de Entibado”. En este plano se muestran además las plantas y secciones se indican los tipos de entibado a utilizar en cada uno de los sitios en función de la profundidad de excavación, de las distancias a paramentos de edificaciones y consistencia y condiciones hidráulicas del suelo.

Los entibados indicados en esta especificación, no podrán ser apuntalados contra estructuras de concreto que no hayan alcanzado suficiente resistencia.

Durante todo el tiempo que duren los trabajos de excavaciones en zanjas, el Contratista deberá disponer de materiales suficientes y adecuados para entibar. El Contratista deberá asegurar que los materiales para el entibado sean de la mejor calidad, libres de defectos y apropiados para el uso indicado. Los materiales brindarán total seguridad durante su funcionamiento bajo las condiciones especiales de sollicitación estructural.

El tipo de entibado y los límites señalados obedecen a la interpretación obtenida de los sondeos y son esencialmente indicativos y podrán variar de acuerdo con las condiciones que se encuentren durante el proceso de excavación. Estas variaciones no darán lugar a ningún tipo de reclamo, pago diferente al precio unitario del entibado establecido o extensión del plazo.

Para evitar sobrecargar en el entibado, si se presenta la necesidad de almacenar el material excavado en la zona de los trabajos, éste deberá ser colocado a una distancia mínima de la zanja, igual al 60% de su profundidad. En los procesos de instalación del entibado se tendrá especial cuidado con la ubicación del material resultante de la excavación para evitar sobrecargas en los laterales de la excavación en superficie.

Se evitará la formación de vacíos en las zonas de contacto entre el entibado y el suelo; pero que en caso tal de presentarse alguna oquedad, ésta se rellenará inmediatamente con un material idóneo debidamente compactado.

La disposición final y formas de usos de los entibados en obra deberán ser siempre aprobados por el Interventor. A la vez, el Interventor podrá exigir los ajustes que se consideren pertinentes, sí se llega a considerar que los entibados configurados por el Contratista no reúnen los requisitos mínimos indispensables para asegurar el correcto funcionamiento estructural del sistema. La aprobación y disposición que el Interventor ordene no eximirán a el Contratista de su responsabilidad por los daños y perjuicios ocasionados como producto de la deficiencia en la construcción y uso de los entibados.

#### 622.3.2.1 Tipos de entibados metálicos

El Contratista deberá usar el entibado metálico de acuerdo con lo indicado en el plano de “Tipo de Entibado” definido como entibado tipo II se define para las zanjas cuya profundidad de excavación sea mayor a 1,75 m y además aplica para zanjas excavadas donde se presenten niveles de agua y los suelos presenten una cohesión nula o baja.

Los codales Gigante S DIN 4124 Gi-S-310 siempre estarán espaciados cada 1,0 m o 1,50 m como máximo, de acuerdo con los detalles mostrados en los planos o lo indicado por el Interventor. Otro tipo de perfiles que tengan secciones con capacidad mecánica equivalente podrá ser presentado para su estudio por parte de la Interventoría.

En caso de que no se logre la profundidad mínima especificada de hincado, se deberán colocar codales de madera en el fondo de la zanja los cuales no podrán ser recuperados.

#### 622.3.2.2 Secuencia de instalación del entibado metálico

La secuencia de instalación para el entibado metálico se describe en el plano “Tipo de Entibado” y se detalla según las descripciones que se indican a continuación:

La instalación de los perfiles HEA 260 se hará con anterioridad a la excavación. La instalación de los perfiles metálicos en “H” (HEA 260) especificados se hará

introduciendo estos elementos en una perforación realizada con antelación. Esta perforación se realizará con un equipo de perforación a rotación con un diámetro mínimo que permita la instalación de un encamisado de protección contra derrumbe y el perfil metálico (perfil en “H”: altura de 250 mm y ancho de 260 mm), el cual deberá quedar instalado previo al inicio de la excavación de la zanja. La profundidad de perforación para la instalación del perfil metálico deberá prever la profundidad hasta el fondo de la zanja más la longitud de empotramiento indicada en el plano de entibado.

Se podrá iniciar la excavación mecánica de la zanja siempre y cuando se tenga instalada toda la longitud del perfil metálico “H” (HEA 260), de acuerdo con las necesidades específicas de la profundidad y la longitud del tramo a intervenir. Una vez instalados los elementos del revestimiento del entibado (láminas de acero de espesor mínimo  $\frac{3}{4}$ ” hincadas en el terreno, soportadas por los puntales, traslapadas mínimo 0.20 m, con ancho de 1.8 m a 2.4 m, y cerchas metálicas de 3 m de longitud), estos quedarán situados y ajustados adecuadamente con los perfiles metálicos en “H” y las paredes verticales de la excavación. Se tendrá un avance hasta la profundidad excavada del tal modo que el talud de corte, que conforma la pared de la zanja, esté siempre cubierto por este revestimiento. Esto significa que a medida que se avanza en la profundidad de la excavación, se deberá ir desplazando el revestimiento hacia el fondo de la zanja, empujando las láminas que van quedando más profundas con las láminas que se van ubicando en la parte superior del revestimiento.

El procedimiento descrito para el cubrimiento inmediato del terreno excavado, mediante el revestimiento con láminas horizontales, es fundamental para impedir que el suelo entre en relajación o en un estado de tensión tal que se produzcan grietas de tracción en la superficie y consecuentemente, se presente una superficie de falla que acabe generando un deslizamiento. A la vez, se trata de impedir que se presenten agrietamientos o daños en la infraestructura aledaña a la zanja.

Una primera etapa de avance de excavación de la zanja, se podrá llevar hasta una profundidad tal que sólo sea posible instalar el primer codal (Gigante S DIN 4124 GI-S-310), el cual quedará a una profundidad máxima de 0,30 m con respecto a la superficie.

Un siguiente avance en la profundidad de la excavación, se restringe hasta un fondo de zanja que sólo permita instalar el siguiente codal (equivale estrictamente a una profundidad de excavación de 1,80 m desde la superficie y 1,0 m a 1,50 entre codales), no sin antes cumplir con el procedimiento descrito en el párrafo en donde se indica que, absolutamente toda la cara del talud de corte, irá siendo cubierta por el revestimiento de forma inmediata. Este procedimiento de excavación se replicará de manera idéntica hasta alcanzar la profundidad del fondo de la zanja exigido para cada tramo a intervenir.

Longitudinalmente, la excavación se irá conformando en el frente con una inclinación entre 45 y 60° para asegurar la estabilidad del corte y mientras se instala el revestimiento. La longitud total del tramo excavado, correspondiente a una jornada de trabajo y será la necesaria requerida según la longitud del tubo a instalar, más, la distancia requerida en el frente de excavación, la cual incluye la distancia mínima requerida para las maniobras de empalme del nuevo tubo y la distancia requerida al inicio del tramo para empalme de la tubería entre una y otra jornada de trabajo.

Si el tramo a instalar no se localiza sobre tuberías existentes, se procederá con la excavación hasta alcanzar una profundidad entre 0,10 y 0,15 m por encima del fondo de la excavación. A partir de este nivel, se continuará excavando de forma manual con el fin de no perturbar las características geomecánicas del suelo in situ que servirá de apoyo de la nueva instalación. Una vez alcanzado el nivel final de la excavación de la zanja y avaladas todas las condiciones de satisfacción por parte de la Interventoría, se procederá con la colocación de la capa de cimentación (encamado) de la tubería de acuerdo con lo especificado en los planos de diseño.

Una vez preparada la cimentación, se procederá con la instalación de la tubería evitando someterla a esfuerzos de flexión. Para facilitar esta maniobra, se deberá contar con un espacio libre entre el fondo de la excavación y el codal más próximo de 2,0 m. Antes de retirar cualquier codal se deberán ubicar dos codales provisionales los más próximo posible al codal eliminado, impidiendo que se generen concentraciones de sobreesfuerzos en cualquier punto del sistema del entibado.

Una vez se ubique la tubería dentro de la zanja y antes de acoplarla a la cámara de inspección o al tramo de tubería anterior, se deberá asegurar que el fondo de la zanja se encuentre libre de piedras o elementos punzantes,

suelo blando o escombros que hayan llegado hasta el nivel de cimentación de la tubería como producto de las maniobras de instalación.

Se dispondrá de una estructura de protección para el procedimiento de instalación de la tubería con respecto a la maniobra de empuje en el frente del tubo para acoplarlo al tramo anterior de tubería. Esta estructura de protección para empuje será construida cien por ciento en madera. Durante el acople entre tuberías, se asegurará la total limpieza de la campana del tubo instalado y se lubricará (con los lubricantes recomendados por el fabricante) el empaque del tubo a instalar antes de producir el acople y ajuste entre tuberías. Las maniobras de acople se realizarán por medio mecánicos con la participación de operarios experimentados que aseguren acoples correctos entre las tuberías.

Si en el tramo a intervenir se localiza sobre una red existente, antes de realizar la demolición del tramo a reemplazar se deberán implementar las medidas de manejo y control del caudal presente en la red para evitar saturar la zanja y consecuentemente, producir inestabilidades en los taludes de corte de la excavación. Antes de iniciar el procedimiento de llenado de la zanja se deberá instalar una estructura de transición que permita asegurar el funcionamiento de la red hasta el inicio de la siguiente etapa.

Será responsabilidad plena del Contratista implementar todas las medidas que sean necesarias para asegurar los trabajos en seco dentro de la zanja. Algunas de las medidas temporales a implementar para el control del caudal que transita por la red existente en el tramo a intervenir son:

- Taponamiento de las cámaras de inspección aguas arriba.
- Taponamiento de las acometidas existentes que tributan al tramo.
- Instalación de manijas de trabajo.

#### 622.3.2.3 Retiro de entibados metálicos

El Contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para asegurar que los entibados no se desplacen cuando se retiren temporalmente los codales para la instalación de las tuberías o el llenado de la zanja.

El Contratista deberá presentar el programa correspondiente al retiro de los elementos que componen el entibado (perfil, codal y láminas), para su

aprobación por parte del Interventor, y sólo podrá llevarlo a cabo después de que éste sea aprobado.

Los perfiles metálicos en “H” se podrán retirar un metro antes que el relleno alcance la rasante (o superficie). Las perforaciones realizadas para la instalación de los perfiles en “H” deben ser rellenados con material seleccionado proveniente de la excavación.

Los codales y el revestimiento del entibado serán retirados a medida que se realice el llenado de la zanja, siempre que en la misma no se presenten procesos de inestabilidad y el relleno se coloque de manera inmediata hasta cubrir mínimo 0,50 m por encima de la clave de la tubería en el tramo intervenido. El Contratista deberá diseñar un sistema que le permita la extracción (recuperación) de los elementos que componen el entibado.

En excavaciones con profundidades inferiores a 2,5 m, se podrán retirar todos los elementos del sistema de contención sólo cuando el nivel del relleno compactado se encuentre por lo menos 1,5 m por debajo de la rasante.

En excavaciones con profundidades mayores a 2,5 m, se deberá llevar a cabo el siguiente procedimiento:

- El nivel inferior de acodalamiento podrá retirarse una vez se realicen las actividades de cimentación e instalación de tubería y la colocación y compactación del relleno inicial.
- Los siguientes niveles de acodalamiento (cuando son varios), podrán retirarse cuando el relleno compactado de la zanja se encuentre a 1,0 m de este nivel de acodalamiento.
- A continuación, se podrán halar las láminas metálicas dejando la lámina inferior como elemento de contención a partir de una profundidad de 1,5 m bajo la rasante.
- Los elementos de contención restantes podrán retirarse cuando el relleno compactado alcance 1,5 m por debajo de la rasante.

La aprobación del retiro del entibado por parte del Interventor no exime a el Contratista de su responsabilidad de tener permanentemente en obra una excavación, con todas las condiciones de trabajo seguro, de impedir la desecación del suelo y el de tomar todas las precauciones para evitar los asentamientos o agrietamientos. Así mismo, consecuencias negativas que

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

puedan generarse por la remoción del entibado en una sola etapa no le darán a el Contratista derecho a ningún tipo de reclamo, pago adicional o extensión del plazo.

#### 622.4 Listado de actividades generales para la construcción

A continuación, se describen las actividades necesarias para llevar a cabo para la instalación de estructuras temporales de contención

- Localización, trazado y replanteo
- Desmonte y limpieza
- Excavaciones
- Cargue, retiro y disposición del material

#### 622.5 MEDIDA

La unidad de medida del entibado será metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

#### 622.6 FORMA DE PAGO

El entibado se pagará por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de superficie neta de talud en contacto con la madera o de entibado metálico y aceptada por la Interventoría, a los precios estipulados en el contrato para los siguientes ítems: "Entibado permanente" aquel que se deja en el sitio ya que su retiro ocasionaría posibles daños. "Entibado temporal" aquel que se retira simultáneamente con la ejecución del lleno. En los casos en que el entibado se coloque en forma discontinua (las paredes cubiertas parcialmente) se computarán, para efectos de pago, solamente las áreas netas cubiertas por el entibado. En ningún caso se considerará como entibado la colocación de marcos espaciados, comúnmente llamado puertas.

Dichos precios incluyen el suministro, transporte, instalación y retiro (cuando se requiera) de la madera, los tablones y los puntales; el costo de los equipos, herramientas, materiales, mano de obra y todos los costos directos e indirectos que sean necesarios para la correcta ejecución del entibado.

No se pagará como entibado aquella parte del mismo que sobresalga de la superficie del terreno ni el área de pared descubierta.

Es condición para el pago, la entrega de los protocolos de calidad de la madera utilizada en la fabricación del entibado, por cada frente de trabajo y por cada lote de madera recibido.

En caso de ser necesario la utilización de trinchos temporales o permanentes para efectuar la excavación o para la conformación de llenos, éstos se pagarán dentro del ítem de madera temporal o permanente por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), cuando no se especifique el ítem correspondiente en el formulario de precios.

No habrá medida ni pago por separado por la realización de los siguientes trabajos requeridos para completar esta parte de la obra:

- Entibado aquella parte del mismo que sobresalga de la superficie del terreno ni el área de pared descubierta.
- El relleno de los huecos dejados por el retiro del entibado, así como de los elementos de codales de refuerzo instalados en el fondo de la zanja, que queden incorporados a la obra.
- Retiro, reubicación y reemplazo del entibado o parte de éste, que no se instale en forma adecuada o que resulte averiado accidentalmente o por mal manejo del Contratista.
- Cualquier elemento que sean necesarios para evitar el desplazamiento del entibado, cuando se retiren temporalmente los codales durante la instalación de la tubería.
- Todos trabajos que deberá ejecutar el Contratista para cumplir con las condiciones especificadas en este capítulo y que no son objeto de ítems separados de pago.
- Retiro, reubicación y reemplazo del entibado o parte de éste, que no se instale en forma adecuada o que resulte averiado accidentalmente o por mal manejo del Contratista.
- El suministro e instalación de puntales, tablonés y codales adicionales, que ordene el Interventor.
- Cualquier elemento estructural o de apoyo necesarios para evitar el desplazamiento del entibado, cuando se retiren temporalmente los codales durante la instalación de la tubería.
- Todos los demás trabajos que deberá ejecutar el Contratista para cumplir lo especificado en este capítulo y que no son objeto de ítems separados de pago.

## **622.7 ÍTEM DE PAGO**

622-P.1 Entibado temporal tipo I ( $H < 1.75$ m)	<b>Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)</b>
622-P.2 Entibado temporal tipo II ( $1.75\text{m} < H < 8$ m)	<b>Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)</b>

## **623 ARTÍCULO 623-P ANCLAJES**

### **623.1 ALCANCE DEL TRABAJO**

Esta especificación comprende los requisitos y condiciones que se deberán cumplir para llevar a cabo los trabajos correspondientes al suministro e instalación de los anclajes químicos, incluida la ejecución de ensayos para determinar la calidad de los mismos; y establece las normas para medida y pago de estos elementos que se utilizarán para el suministro e instalación de anclajes de barras para tabiques en contenciones con pilas de acuerdo a lo especificado en los planos correspondientes.

### **623.2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO**

Los anclajes consistirán en barras de acero embebidas firmemente en perforaciones, mediante un adhesivo epóxico aprobado por LA ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, que garantice el esfuerzo a la tensión hasta el punto de fluencia del acero sin que falle el anclaje mismo. Con el fin de garantizar la protección de los anclajes contra la corrosión, la cantidad de adhesivo a utilizar deberá ser tal que al momento de instalación, salga adhesivo hasta la superficie.

El sistema de anclaje estará sujeto a aprobación de LA ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, para lo cual el CONSTRUCTOR deberá presentar a ésta, información técnica completa sobre el sistema que se propone emplear así como efectuar las pruebas de campo estipuladas en la sección 10.5 - ENSAYOS-, de la presente especificación particular.

Los anclajes se utilizarán en los tabiques que hacen parte de las pantallas de contención con pilas y consisten en barras de acero corrugado de un diámetro indicado a continuación, de acuerdo con la nomenclatura del Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes, ancladas a la perforación con adhesivo epóxico.

Los anclajes que se utilizarán tendrán la siguiente longitud y número de barra:

<b>Anclajes en tabiques</b>	<b>Longitud(m)</b>	<b>Barra No.</b>
En pared	0.20	5

## **623.3 MATERIALES**

### **623.3.1 Barras**

Los anclajes deberán estar constituidas por barras corrugadas de acero que tenga una elongación mínima del 12% en 20 cm y que cumplan la norma ICONTEC 2289 y con lo establecido en la sección C.3.5 de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-2010, Ley 400 de 1997, decreto 33 de 1998. Se deberán usar barras de acero corrugadas, con un límite mínimo de cedencia de 420 MPa (grado AH 42 del ICONTEC), las cuales deberán cumplir con lo especificado en la norma NTC 2289.

El CONSTRUCTOR deberá suministrar, antes de la iniciación de las obras y durante la construcción de ellas, pruebas certificadas y resultados de ensayos de resistencia del acero de refuerzo que se propone utilizar, de acuerdo con la última revisión de las normas aplicables del ICONTEC o de la ASTM, para poder juzgar la conformidad con las normas establecidas. En caso de que alguna porción del refuerzo no se ajuste a estas normas, ésta será rechazada, y en tal caso el CONSTRUCTOR deberá proceder a su reemplazo.

El CONSTRUCTOR deberá suministrar e instalar los anclajes en los sitios y las formas y dimensiones indicados en los planos de construcción, para fijar las estructuras al concreto.

El refuerzo para los anclajes se deberá colocar con precisión en los sitios mostrados en los planos de construcción y se deberá asegurar firmemente en dichas posiciones durante la colocación del adhesivo epóxico.

El adhesivo epóxico se deberá colocar internamente en la perforación según lo ordene LA ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, sin desplazar las barras de refuerzo.

### **623.3.2 Adhesivos**

Se utilizará el adhesivo HILTI HIT RE 500 o equivalente, el cual tiene dos componentes, el inyectable y el adhesivo epóxico, los cuales vienen en cartuchos por separado y de diferentes tamaños. Los componentes se combinan por medio de una mezcla estática, con una proporción 3 a 1. Los adhesivos que se vayan a utilizar se deberán almacenar y manejar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El adhesivo epóxico tiene una vida

útil de 9 meses para su almacenamiento, conservado a temperaturas que no pasen los límites entre -5 y 25 grados centígrados. Para la colocación del anclaje es necesario utilizar el aplicador MD 2500 o equivalente.

## **623.4 EJECUCIÓN DEL TRABAJO**

Los huecos a perforar para colocar los anclajes deberán tener el diámetro que recomiende el fabricante del adhesivo o el que se indique en los planos, y la profundidad será la que se muestre en los planos. Después de terminada la perforación, cada hueco se deberá limpiar con cepillo de acero y chorros de agua y aire, para remover el material suelto y polvo.

El CONSTRUCTOR deberá suministrar a LA ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ la información referente a la forma de llenar los huecos con el adhesivo y las condiciones que debe cumplir según las recomendaciones del fabricante. Para la instalación de los anclajes, se deberá comprobar que la barra pueda girar libremente dentro del hueco; enseguida se deberá llenar con el adhesivo de manera manual mediante el aplicador MD 2500 o equivalente, previendo los elementos que garanticen que la barra quede centrada en el hueco y no se desplace.

Con el fin de garantizar la protección de los pernos contra la corrosión, la cantidad de adhesivo a utilizar deberá ser tal que, al momento de instalación del anclaje, salga adhesivo hasta la superficie.

## **623.5 ENSAYOS**

### **623.5.1 Equipos**

El CONSTRUCTOR deberá proveer y mantener en condiciones óptimas de funcionamiento un equipo completo para efectuar el ensayo a tensión sobre los anclajes. El equipo deberá consistir en un gato hidráulico con una capacidad no menor de 50 ton, con émbolo hueco de tal manera que se pueda instalar concéntricamente sobre el eje longitudinal del anclaje un aditamento que permita el acople entre el perno y el gato hidráulico, una bomba hidráulica y demás accesorios que se requieran. El recorrido del émbolo no deberá ser menor de 10 cm.

### **623.5.2 Ensayos preliminares**

Para los anclajes, por lo menos diez (10) días calendario antes de realizar el cierre de la desviación, el CONSTRUCTOR deberá probar en el sitio de la obra y en presencia de LA ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ un mínimo de 3 anclajes de igual longitud a los diseñados. Tales anclajes se deberán instalar en los sitios indicados por LA ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ de acuerdo con los procedimientos incluidos en estas especificaciones técnicas y se deberán someter ocho (8) días calendario después de instalados, a una carga axial de tracción que produzca en la barra un esfuerzo del 90% del límite de fluencia y se deberán mantener cargados por un mínimo de 72 horas.

Si al cabo de este lapso, cualquiera de los pernos ensayados muestra una relajación de más del 10% de la carga inicialmente aplicada, se considerará que el anclaje del perno ha fallado, y el CONSTRUCTOR deberá ensayar un grupo adicional de tres anclajes en las mismas condiciones.

El equipo necesario para realizar los ensayos de los anclajes y el método a emplearse en la ejecución de los mismos estarán sujetos a la aprobación LA ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

La aceptación de cualquier tipo de anclaje estará sujeta a que éste cumpla los dos requisitos de resistencia aquí especificados. No habrá medida ni pago por separado por la ejecución de estos ensayos.

#### 623.5.3 Ensayos durante la construcción

Con el objeto de llevar a cabo un estricto control de calidad de los anclajes colocados durante la construcción, el CONSTRUCTOR deberá probar los anclajes que coloque, realizando 3 anclajes adicionales para ensayo. La localización de tales anclajes será indicada por LA ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y se deberán someter a una carga axial de tracción que deberá alcanzar, ocho (8) días calendario después de haber sido colocado el anclaje, un valor en toneladas igual al límite de la resistencia a la rotura de cada anclaje.

La ejecución de los anclajes definitivos se hará únicamente después de efectuado el ensayo de control de calidad sobre los anclajes de ensayo y de que se haya verificado que soportan la carga axial anteriormente especificada.

#### **623.6 MEDIDA**

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

La unidad de medida para el pago de los anclajes químicos, será la unidad, aceptada por la ASOCIACION DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### **623.7 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario establecido en el contrato para el ítem: "Suministro e instalación de Anclaje químico tipo RE-500 HILTI o equivalente, para barra N°5 L=0.20 m".

### **623.8 ÍTEM DE PAGO**

623.1 Anclaje epóxico HILTI HIT-RE 500 V3 o equivalente, L=0,50m,  
Diam=3/4" **Unidad (un)**

623.2 Anclaje epóxico HILTI HIT-RE 500 V3 o equivalente, L=0,37m,  
DIAM=5/8" **Unidad (un)**

## **630 ARTÍCULO 630 CONCRETO ESTRUCTURAL**

### **630.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en el suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabado de los concretos de cemento hidráulico, utilizados para la construcción de puentes, estructuras de drenaje, muros de contención y estructuras en general, de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

### **630.2 MATERIALES**

#### **630.2.1 Cemento**

El cemento utilizado será hidráulico, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo indicado en el Artículo 501 “Cemento hidráulico” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general: Portland tipo I (norma ASTM C-150); tipo IS o IP (norma ASTM C595); o tipo GU (norma ASTM C1157).

El Constructor deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla.

Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no podrá ser utilizado. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

#### **630.2.2 Agregados**

##### **630.2.2.1 Agregado fino**

Se considera como tal, a la fracción que pase el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, a juicio del Interventor. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más de treinta por ciento (30 %) del agregado fino.

El agregado fino deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 29 y su gradación se deberá ajustar a la indicada en la Tabla 30.

En ningún caso, el agregado fino podrá tener más de cuarenta y cinco por ciento (45 %) de material retenido entre dos tamices consecutivos de los mostrados en la Tabla 30. Además, el módulo de finura deberá estar entre 2.3 y 3.1.

Durante el período de construcción no se permitirán variaciones mayores de dos décimas (0.2) en el módulo de finura, con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo.

Los porcentajes mínimos de material que pasan los tamices de 0.3 mm (No. 50) y de 0.15 mm (No. 100) indicados en la Tabla 30 pueden reducirse a 5 y 0 respectivamente en los siguientes casos:

- El agregado fino va a ser usado en un concreto con aire incluido que tenga más de 237 kilogramos de cemento por metro cúbico; se considera que un concreto con aire incluido es aquel se elabora con un cemento con inclusor de aire o que tiene un aditivo inclusor de aire, y que el contenido de aire incluido es 3.5 % como mínimo.
- El agregado fino va a ser usado en un concreto sin aire incluido que tenga más de 297 kilogramos de cemento por metro cúbico.

Un agregado fino que no cumpla los requisitos de granulometría y módulo de finura especificados en este numeral, puede ser aceptado si se demuestra, a juicio del Interventor que hay una evidencia adecuada de comportamiento satisfactorio de concretos del mismo tipo y para el mismo uso, construidos con ese agregado.

Tabla 28 Requisitos del agregado fino para concreto estructural

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Durabilidad (O)		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo(%)		
- Sulfato de sodio	E-220	10
- Sulfato de magnesio		15
<b>Limpieza (F)</b>		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 $\mu$ m (No. 200), máximo (%)	E-214	5
<b>Contenido de materia orgánica (F)</b>		
Color más oscuro permisible	INV E-212	Igual a Muestra patrón
<b>Características químicas (O)</b>		
Contenido de sulfatos, expresado como SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , máximo (%)	INV E-233	1.2
<b>Absorción (O)</b>		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Tabla 29 Granulometría del agregado fino para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.36 No. 8	1.18 No. 16	0.6 No. 30	0.3 No. 50	0.15 No. 100
	PORCENTAJE QUE PASA (%)						
<b>UNICA</b>	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

### 630.2.2.2 Agregado grueso

Para el objeto del presente Artículo, se denominará agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz 4.75 mm (No. 4). Dicho agregado deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

El agregado grueso deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 31 y su gradación se deberá ajustar a alguna de las indicadas en la Tabla 32. La gradación por utilizar será la especificada en los documentos del proyecto para cada clase de concreto, cuyo tamaño máximo dependerá de la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller o Bolomey.

Tabla 30 Requisitos del agregado grueso para concreto estructural

REQUISITO	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
<b>Dureza (O)</b>		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)		
- En seco, 500 revoluciones, máximo (%)	E-218	40
- En seco, 100 revoluciones, máximo (%)		8
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota 1)		
- Sulfato de sodio	E-220	12
- Sulfato de magnesio		18
<b>Limpieza (F)</b>		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	0.25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1.0
<b>Geometría de las partículas (F)</b>		
Índice de alargamiento, máximo (%)	E-230	25
Índice de aplanamiento, máximo (%)	E-230	25
<b>Características químicas (O)</b>		
Contenido de sulfatos, expresado como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> , máximo (%)	E-233	1.0

Tabla 31 Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	63	50	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36
	2,5 "	2"	1 1/2 "	1 "	3/4 "	1/2 "	3/8 "	No. 4	No. 8
PORCENTAJE QUE PASA (%)									
AG-19	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5

<b>AG-25</b>	-	-	-	100	95-100	-	20-55	0-10	0-5
<b>AG-38</b>	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
<b>AG-50-1</b>	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
<b>AG-63-1</b>	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
<b>AG-50-2</b>	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
<b>AG-63-2</b>	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

### 630.2.2.3 Reactividad

Para evaluar el potencial de que se presenten expansiones perjudiciales en el concreto debido a la reactividad de los agregados con los álcalis del cemento (reactividad álcali-sílice o álcali-carbonatos), se deberán seguir los lineamientos de las normas ASTM C33 y NTC 174.

#### 630.2.2.3.1 Evaluación de estructuras en servicio comparables

Como criterio para calificar la reactividad potencial, deberá prevalecer, de preferencia, la evaluación de estructuras en servicio que sean comparables; las estructuras deben haber sido construidas empleando los mismos agregados y el mismo cemento y deben tener, en general, al menos 10 años de servicio bajo condiciones de exposición suficientemente similares a las de la nueva estructura que se va a construir.

Para estructuras que estén diseñadas para períodos de diseño especialmente largos, o si los resultados de ensayos de laboratorio muestran que los agregados pueden ser perjudicialmente reactivos, las estructuras en servicio que sean comparables deberán tener más de 20 años.

#### 630.2.2.3.2 Inspección petrográfica

La inspección petrográfica para determinar si los agregados contienen sustancias que potencialmente pueden ser perjudicialmente reactivas y en qué

cantidades están presentes, se deberá realizar siguiendo las normas ASTM C195 y NTC 3773.

#### 630.2.2.3.3 Reactividad álcali-sílice

Los agregados fino y grueso no deberán presentar reactividad potencial del sílice presente en ellos con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO<sub>2</sub> y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma INV E-234, se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{SiO}_2 > R \quad \text{cuando} \quad R \geq 70 \quad [630.1]$$

$$\text{SiO}_2 > 35 + 0.5 R \quad \text{cuando} \quad R < 70 \quad [630.2]$$

Si en la mezcla se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base en los criterios anteriores, no debe ser utilizado en la producción de concretos, a no ser que se demuestre que no es nocivo para el concreto con base en evaluaciones complementarias, como las indicadas en el apéndice de la especificación ASTM C33, en especial las que hacen referencia a las normas ASTM C 227 y C 1260.

#### 630.2.2.3.4 Reactividad álcali-carbonatos

Los carbonatos presentes en los agregados fino y grueso no deberán presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Aunque los agregados que pueden desarrollar potenciales reacciones perjudiciales álcali-carbonatos son poco frecuentes y rara vez hacen parte de los agregados con los cuales se elabora el concreto, si hay sospecha de su existencia se recurrirá a las normas de ensayo ASTM C 586 o ASTM C 1105 para calificar su potencial reactivo.

#### 630.2.2.4 Agregado ciclópeo

El agregado ciclópeo será roca triturada o canto rodado de buena calidad. El agregado será preferiblemente angular y su forma tenderá a ser cúbica. La relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no será mayor que dos a uno (2:1).

El tamaño máximo admisible del agregado ciclópeo dependerá del espesor y del volumen de la estructura de la cual formará parte. En cabezales, aletas y obras similares con espesor no mayor de ochenta centímetros (80 cm), se admitirán agregados ciclópeos con dimensión máxima de treinta centímetros (30 cm). En estructuras de mayor espesor se podrán emplear agregados de mayor tamaño, previa autorización del Interventor y con las limitaciones establecidas en el numeral 630.4.8.3.

El material constitutivo del agregado ciclópeo no podrá presentar un desgaste mayor de cincuenta por ciento (50 %), al ser sometido a la prueba de Los Ángeles, gradación E, según la norma de ensayo INV E-219.

#### 630.2.3 Agua

El agua que se emplee para las mezclas de concreto hidráulico deberá ser limpia y libre de aceites, ácidos, azúcar, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial al concreto terminado. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación.

Cuando se empleen otras fuentes o cuando se mezcle agua de dos o más procedencias, el agua deberá ser calificada mediante ensayos. Los requisitos primarios para esta calificación serán los incluidos en la Tabla 33.

Tabla 32 Requisitos para el agua de mezcla

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	LÍMITES
pH	ASTM D 1293	5.5 – 8.5
Resistencia a compresión, % mínimo en control a 7 días	INV E-410	90

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	LÍMITES
Tiempo de fraguado, desviación respecto del tiempo de control (horas:minutos)	ASTM C 403	de 1:00 inicial a 1:30 final

El requisito de resistencia a compresión se refiere al porcentaje mínimo de resistencia a compresión a veintiocho (28) días de una mezcla de concreto con el agua que se desea emplear, respecto de otra elaborada con los mismos agregados y cemento, en las mismas proporciones, pero empleando un agua calificada, pudiéndose emplear agua destilada para este fin.

En relación con el requisito sobre tiempo de fraguado, las medidas se realizarán mediante la resistencia a penetración de morteros extraídos de muestras de concreto, elaboradas como se describió en el párrafo anterior.

Los requisitos que se muestran en la siguiente tabla se consideran opcionales y sirven solamente para que el productor de la mezcla mantenga documentada la química y el contenido del agua de mezclado, salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular invoquen el cumplimiento de uno o más de ellos.

CONTAMINANTE	NORMA DE ENSAYO	LÍMITE MÁXIMO (ppm) (Nota 2)
Ión Cloro ( Cl <sup>-</sup> )	ASTM C 114	1000
Sulfatos ( SO <sub>4</sub> )	ASTM C 114	3000
Álcalis como ( Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O )	ASTM C 114 (Nota 1)	600
Sólidos totales por masa	ASTM C 1603	5000

Nota 1: Se pueden emplear también las normas ASTM D 4191 y ASTM D 4192

Nota 2: ppm corresponde a partes por millón

#### 630.2.4 Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea más adecuado para las condiciones particulares de la estructura por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con dosificaciones que

garanticen el efecto deseado, sin perturbar las propiedades restantes de la mezcla.

Los aditivos y adiciones deberán estar libres de sustancias que, por su naturaleza o cantidad, afecten la resistencia o la durabilidad del concreto, armaduras, aceros de alta resistencia u otros elementos insertados.

Especialmente, se deberá evitar el uso de aditivos que, por su alto contenido de cloruros, pudieran acelerar la corrosión del acero de alta resistencia para el concreto pre-tensado o post-tensado.

Los aditivos reductores de agua y para control de fraguado deberán cumplir los requisitos de la norma ASTM C-494; los inclusores de aire cumplirán las exigencias de la norma ASTM C-260 y los puzolánicos habrán de satisfacer las exigencias de la norma ASTM C-618.

El uso del aditivo será responsabilidad directa del Constructor, así haya sido aprobado por el Interventor.

#### 630.2.5 Productos para el curado del concreto

El curado del concreto se podrá llevar a cabo por medio de:

- Humedad.
- Cubrimiento con películas líquidas.
- Cubrimiento con membranas.

##### 630.2.5.1 Curado por humedad

Si el curado se realiza mediante humedad, el agua utilizada deberá cumplir los requisitos establecidos en el numeral 630.2.3. El material de cobertura podrá ser tela de fique o algodón, arena u otro producto de alta retención de humedad.

##### 630.2.5.2 Cubrimiento con películas líquidas

Para el recubrimiento con películas líquidas, se empleará un producto de reconocida calidad que, aplicado mediante aspersion sobre la superficie de la estructura, genere una película que garantice el correcto curado de ésta. Deberá ser de un color claro para reflejar la luz y deberá permitir la verificación de la homogeneidad del vaciado de la mezcla.

La efectividad de los productos de curado se debe demostrar mediante experiencias previas exitosas o ensayos al inicio de la colocación del concreto. Deberán cumplir con la especificación ASTM C 309, tipo 2 clase B, o clase A sólo si la base es de parafina.

#### 630.2.5.3 Cubrimiento con membranas.

Las láminas de curado pueden ser de polietileno blanco o de papel de curado, que cumplan con la especificación ASTM C 171.

#### 630.2.6 Clases de concreto

Los documentos del proyecto definirán las diferentes clases del concreto. Cada clase de concreto deberá estar caracterizada, como mínimo, con los siguientes parámetros:

- Tipo de uso: concreto pretensado, postensado, reforzado, simple o ciclópeo.
- Tipo de colocación especial, si aplica. Por ejemplo: para instalar con bomba, para instalar bajo agua (tremie).
- Categoría y clase de exposición: se deberá definir de acuerdo con la norma NSR-10, título A, capítulo C.4, "Requisitos de durabilidad", o la norma que la actualice o sustituya.
- Requisitos asociados a la clase de exposición, según la misma norma: relación agua/material cementante, resistencia mínima a la compresión, contenido de aire y tipo de material cementante, entre otros.
- Tipo de cemento hidráulico, el cual debe ser definido en función de las condiciones particulares de cada estructura, teniendo en cuenta los requisitos asociados a la clase de exposición.
- Aditivos, si se requieren.
- Tamaño máximo y tipo de gradación del agregado grueso.
- Relación agua/cemento, valor máximo.
- Resistencia a la compresión inconfiada (norma de ensayo INV E-410) para una edad específica, valor mínimo definido en el diseño, el cual deberá corresponder a la clase de exposición, pero no podrá ser inferior al indicado en la Tabla 34 para cada tipo de uso.
- Asentamiento (norma de ensayo INV E-404), intervalo de valores.
- Contenido de aire (norma de ensayo INV E-406), intervalo de valores.

Tabla 33 Valores mínimos de resistencia del concreto estructural

TIPO DE USO	RESISTENCIA MÍNIMA ALA COMPRESIÓN, A 28 DÍAS (MPa)
Concreto pretensado y postensado	32
Concreto reforzado	21
Concreto simple (sin refuerzo)	14
Concreto ciclópeo: se compone de concreto simple y agregado ciclópeo en una proporción de 40 %, como máximo, del volumen total.	14

### 630.3 EQUIPO

Los principales equipos y herramientas requeridos para la elaboración de concretos y la construcción de estructuras con este material, son los siguientes:

#### 630.3.1 Equipo para la elaboración de agregados

Para la elaboración de los agregados pétreos se requieren equipos para su explotación, cargue, transporte y proceso. La unidad de proceso consistirá en una unidad clasificadora y una planta de trituración provista de trituradoras primaria, secundaria y terciaria siempre que esta última se requiera, así como un equipo de lavado. La planta deberá estar provista de los filtros y demás accesorios necesarios para controlar la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

#### 630.3.2 Central de fabricación de la mezcla

El concreto se fabricará en centrales de mezcla discontinua, capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las tolvas para agregados deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y estarán provistas de dispositivos para evitar intercontaminaciones; su número mínimo será función del número de fracciones de agregado pétreo que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Para el cemento a granel se utilizará una báscula independiente de la utilizada para los agregados. El mecanismo de carga deberá estar protegido contra un eventual cierre antes de que la tolva de pesada estuviera adecuadamente cargada. El de descarga, contra una eventual apertura antes que la carga del cemento en la tolva de pesada hubiera finalizado, y que la masa del cemento en ella difiera en menos del uno por ciento ( $\pm 1 \%$ ) de la especificada; además, el mecanismo estará diseñado de forma que permita la regulación de la salida del cemento sobre los agregados.

La dosificación de los agregados se podrá efectuar por pesadas acumuladas en una (1) sola tolva o individualmente con una (1) tolva de pesada independiente para cada fracción. En el primer caso, las descargas de las tolvas de alimentación y la descarga de la tolva de pesada estarán protegidas de forma que:

- No podrá descargar más de una (1) tolva al mismo tiempo.
- El orden de descarga no podrá ser distinto al previsto.

La tolva de pesada no se podrá descargar hasta que haya sido depositada en ella la cantidad requerida de cada uno de los agregados y estén cerradas todas las descargas de las otras tolvas.

Si se emplea una sola tolva para la dosificación de los agregados, la masa acumulada que se mida en la tolva cada vez que se incorpora una fracción del agregado no podrá diferir en más de uno por ciento ( $\pm 1 \%$ ) de la correspondiente a la dosificación teórica.

Si se emplean tolvas de pesada independientes para cada fracción, todas ellas deberán poder ser descargadas simultáneamente. La masa de agregado en cada tolva no podrá diferir en más de dos por ciento ( $\pm 2 \%$ ) de la correspondiente a la dosificación teórica.

No se permitirá que se descargue parte alguna de la dosificación, hasta que todas las tolvas de los agregados y la del cemento estén correctamente cargadas, dentro de los límites especificados. Una vez comenzada la descarga, no se podrá comenzar una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesada estén vacías, sus compuertas de descarga cerradas y los indicadores de masa de las balanzas en cero (0), con una tolerancia del tres por mil ( $\pm 0.3 \%$ ) de su capacidad total.

Los dosificadores ponderales deberán estar aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos de la central, de forma que, cuando éstos funcionen, sus lecturas, después de paradas las agujas, no difieran de la masa designada en más del uno por ciento ( $\pm 1 \%$ ) para el cemento, uno y medio por ciento ( $\pm 1.5 \%$ ) para cada fracción del agregado o uno por ciento ( $\pm 1 \%$ ) para el total de las fracciones, si la masa de éstas se determina conjuntamente. Su precisión no deberá ser inferior al cinco por mil ( $\pm 0.5 \%$ ) para los agregados, ni al tres por mil ( $\pm 0.3 \%$ ) para el cemento. El agua añadida se medirá en masa o volumen, con una precisión no inferior al uno por ciento ( $\pm 1 \%$ ) de la cantidad total requerida.

Una vez fijadas las proporciones de los componentes, la única operación manual que se podrá efectuar para dosificar los agregados y el cemento de una amasada, será la de accionamiento de interruptores o conmutadores. Los mandos del dosificador deberán estar en un compartimento fácilmente accesible, que pueda ser cerrado con llave cuando así se requiera.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con precisión suficiente. Los aditivos en polvo se dosificarán en masa y los aditivos en forma de líquido o de pasta en masa o en volumen, con una precisión no inferior al tres por ciento ( $\pm 3 \%$ ) de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga del mezclador deberán estar protegidos de tal forma que, durante el funcionamiento del mezclador, no se pueda producir la descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de amasado previsto.

#### 630.3.3 Mezcla en el sitio

Se permite el empleo de mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra, previa autorización del Interventor, cuya capacidad no deberá exceder de tres metros cúbicos (3 m<sup>3</sup>).

#### 630.3.4 Elementos de transporte

La utilización de cualquier sistema de transporte o de conducción del concreto deberá contar con la aprobación del Interventor. Dicha aprobación no deberá ser considerada como definitiva por el Constructor y se da bajo la condición de que el uso del sistema de conducción o transporte se suspenda

inmediatamente, si el asentamiento o la segregación de la mezcla exceden los límites especificados.

Cuando la distancia de transporte sea mayor de trescientos metros (300 m), no se podrán emplear sistemas de bombeo, sin la aprobación del Interventor. Cuando el concreto se vaya a transportar en vehículos a distancias superiores a seiscientos metros (600 m), el transporte se deberá efectuar en camiones mezcladores.

#### 630.3.5 Formaleta y obra falsa

El Constructor deberá suministrar e instalar todas las formaletas necesarias para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en los planos u ordenadas por el Interventor. Las formaletas podrán ser de madera o metálicas y se deberán poder ensamblar firmemente y tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes u otras desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Las formaletas de madera podrán ser de tabla cepillada o de triplex, y deberán tener un espesor uniforme.

La obra falsa o armazones provisionales deberán ser construidos sobre cimientos suficientemente resistentes para soportar las cargas sin asentamientos perjudiciales. Toda la obra falsa deberá ser diseñada y construida con la solidez necesaria que le permita soportar, sin sufrir deformación apreciable, las cargas a que estará sometida, las cuales deberán incluir, además del peso de la superestructura, las correspondientes a las formaletas, arriostramientos, pistas de tráfico y demás cargas que le puedan ser impuestas durante la construcción. La obra falsa deberá ser convenientemente apuntalada y amarrada para prevenir distorsiones y movimientos que puedan producir vibraciones y deformaciones en la formaleta de la superestructura.

#### 630.3.6 Elementos para la colocación del concreto

El Constructor deberá disponer de los medios de colocación del concreto que permitan una buena regulación de la cantidad de mezcla depositada, para evitar salpicaduras, segregación y choques contra las formaletas o el refuerzo.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

### 630.3.7 Vibradores

Los vibradores para compactación del concreto deberán ser de tipo interno, y deberán operar a una frecuencia no menor de seis mil (6,000) ciclos por minuto y ser de una intensidad suficiente para producir la plasticidad y adecuada consolidación del concreto, pero sin llegar a causar la segregación de los materiales.

Para fundiciones delgadas, donde las formaletas estén especialmente diseñadas para resistir la vibración, se podrán emplear vibradores externos de formaleta.

### 630.3.8 Equipos varios

El Constructor deberá disponer de elementos para usos varios, entre ellos los necesarios para la ejecución de juntas, la corrección superficial del concreto terminado, la aplicación de productos de curado, equipos para limpieza, etc.

## 630.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 630.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105 “Desarrollo y control de los trabajos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 105.13.3.

### 630.4.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación del concreto determinará las proporciones en que deben combinarse los diferentes materiales componentes como son: agregados, cemento, agua y eventualmente, aditivos, de modo de obtener un concreto que cumpla con la resistencia, manejabilidad, durabilidad y demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares del proyecto, las presentes especificaciones y las dadas por el Interventor.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor deberá suministrar al Interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el Interventor realice las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales con base en el cumplimiento de los

requisitos de la presente especificación, el Constructor diseñará la mezcla y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a consideración del Interventor. Dicha fórmula señalará:

- El tipo y la marca de cemento.
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta.
- Las dosificaciones de cemento, agregados grueso y fino y aditivos en polvo, en peso por metro cúbico de concreto. La cantidad de agua y aditivos líquidos se podrá dar por peso o por volumen. Cuando se contabilice el cemento por bolsas, la dosificación se hará en función de un número entero de bolsas.
- La resistencia a compresión de la mezcla a siete (7) y veintiocho (28) días de curado, o las edades que se fijen para cada clase de concreto, la cual se medirá según la norma INV E-410.
- La consistencia del concreto, cuyo asentamiento se deberá encontrar dentro de los límites indicados en los documentos del proyecto para cada clase de concreto, el cual se medirá según norma de ensayo INV E-404. Si los documentos del proyecto no indican los límites para el asentamiento del concreto, regirán los indicados en la Tabla 35.

Tabla 34 Límites para el asentamiento del concreto

TIPO DE ELEMENTO	ASENTAMIENTO NOMINAL (mm)	ASENTAMIENTO MÁXIMO (mm)
Elementos construidos con formaleta, secciones de más de 30 cm de espesor	10-30	50
Elementos construidos con formaleta, secciones de 30 cm de espesor o menos	10-40	50
Pilas vaciadas in-situ	50-80	90
Concreto colocado bajo agua	50-80	90

La fórmula de trabajo se deberá reconsiderar cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, la clase o la categoría del cemento o su marca.
- El tipo, absorción y tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0.2).
- La gradación del agregado combinado en una magnitud tal, que ella se salga de la tolerancia fijada.
- La naturaleza y la proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra del concreto.

El Constructor deberá considerar que el concreto deberá ser dosificado y elaborado para asegurar una resistencia a la compresión promedio suficientemente superior a la especificada en los planos del proyecto, según la clase de concreto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor de especificado. Con este fin, el Constructor deberá tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño dependerá de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Al efectuar las cochadas de tanteo en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deberán ser preparadas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402 y ensayadas según la norma de ensayo INV E-410. Se deberán elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a compresión a veintiocho (28) días (o a la edad definida para la clase de concreto) en función de la relación agua/cemento y del contenido de cemento. Estas curvas se deberán basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen cochadas que den lugar a resistencias a compresión por encima y por debajo de la requerida. Cada punto deberá representar el promedio de, por lo menos, tres (3) cilindros ensayados a veintiocho (28) días (o a la edad definida para la clase de concreto).

Los valores de relación agua/cemento máxima y contenido mínimo de cemento admisibles por resistencia para el concreto a ser empleado en la estructura, serán los que permitan obtener una resistencia promedio por encima la resistencia de diseño del elemento.

En todos los casos, la relación agua/cemento y el contenido de cemento deben cumplir con los valores máximo y mínimo, respectivamente, permitidos por las consideraciones de durabilidad correspondientes a la clase de concreto definida en los documentos del proyecto, de acuerdo con el numeral 630.2.6

RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN (f'c)		RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA ALA COMPRESIÓN	
MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
< 21	< 210	f'c + 7	f'c + 70
21 – 35	210 - 350	f'c + 8.5	f'c + 85
> 35	> 350	f'c + 10	f'c + 100

Cuando se especifique concreto con inclusor de aire, éste deberá cumplir con los requisitos indicados en el numeral 630.2.4; la cantidad de aditivo utilizado deberá producir el contenido de aire incluido que indique en los documentos del proyecto. La cantidad de aire incluido se determinará según la norma de ensayo INV E-406.

La aprobación que dé el Interventor al diseño de la mezcla no implica necesariamente la aceptación posterior de las obras de concreto que se construyan con base en dicho diseño, ni exime al Constructor de su responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de las especificaciones y los planos. La aceptación de las obras para fines de pago dependerá de su correcta ejecución y de la obtención de la resistencia a compresión mínima especificada para la respectiva clase de concreto, resistencia que será comprobada con base en las mezclas realmente incorporadas en tales obras.

No se permitirá ningún cambio al diseño de la mezcla, sin autorización del Interventor.

#### 630.4.3 Preparación de la zona de los trabajos

La excavación necesaria para las cimentaciones de las estructuras de concreto y su preparación para la cimentación, incluyendo su limpieza y apuntalamiento, cuando sea necesario, se deberá efectuar conforme se estipula en el Artículo 600 “Excavaciones varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). Cualquier deterioro ocurrido después de terminada la excavación, deberá ser subsanado por el Constructor, sin costo adicional para

el Instituto Nacional de Vías, empleando procedimientos aceptables para el Interventor.

#### 630.4.4 Instalación de la formaleta y obra falsa

Todas las formaletas para confinar y soportar la mezcla de concreto mientras se endurece deberán ser diseñadas por el Constructor y aprobadas por Interventor. Las formaletas deberán ser diseñadas de tal manera, que permitan la colocación y la consolidación adecuada de la mezcla en su posición final y su fácil inspección; así mismo, deberán ser suficientemente herméticas para impedir pérdidas del mortero de la mezcla.

La aprobación del diseño de las formaletas por parte del Interventor, no exime al Constructor de su responsabilidad respecto de la seguridad, calidad del trabajo y cumplimiento de todas las especificaciones.

Las formaletas, tanto de madera como metálicas, se ensamblarán firmemente y deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto sin distorsiones. Antes de iniciar la colocación del concreto, se deberán limpiar de impurezas, incrustaciones de mortero y cualquier otro material extraño. Su superficie interna se deberá cubrir con aceite u otro producto que evite la adherencia, que no manche la superficie del concreto y no sea absorbido por éste.

Las abrazaderas que se utilicen para sostener las formaletas y que queden embebidas en el concreto, deberán ser pernos de acero provistos de rosca, tuercas y acoples adecuados, que permitan retirar los extremos exteriores sin producir daños en las superficies del concreto. Todos los huecos resultantes del retiro de las abrazaderas se deberán llenar con un mortero de consistencia seca.

No se podrá colocar concreto dentro de las formaletas si éstas no han sido inspeccionadas y aprobadas por el Interventor.

Las formaletas se podrán remover parcial o totalmente tan pronto como la mezcla haya adquirido la resistencia suficiente, comprobada mediante ensayos, para sostener su propio peso y el peso de cualquier otra carga.

Toda obra falsa o cimbra para la construcción de puentes u obras similares, deberá ser diseñada por el Constructor, quien someterá el diseño a

consideración del Interventor. En el diseño se deberán tener en cuenta las cargas muertas y vivas a las que estará sometida la obra falsa durante y después de la colocación del concreto. Las eventuales deflexiones de la obra falsa, debido a las cargas, se deberán compensar mediante contraflechas, de tal forma que la estructura terminada se ajuste a los niveles indicados en los planos.

En la construcción de cimbras para arcos, se deberán proveer los medios adecuados que permitan un descenso gradual de los centros hasta obtener el autoaporte del arco. Las cimbras se colocarán sobre gatos aprobados para levantar y corregir cualquier asentamiento leve que pueda ocurrir una vez iniciada la colocación del concreto.

630.4.5          Fabricación de la mezcla

630.4.5.1      Almacenamiento de los agregados

Cada tipo de agregado se acopiará por pilas separadas, las cuales se deberán mantener libres de tierra o de elementos extraños y dispuestas de tal forma que se evite al máximo la segregación de los agregados.

El almacenamiento de los agregados se podrá realizar sobre patios pavimentados construidos para este fin. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. En todos los casos, los acopios deberán ser cubiertos.

Los acopios se construirán por capas de espesor no mayor a metro y medio (1.50 m) y no por montones cónicos.

630.4.5.2      Suministro y almacenamiento del cemento

El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura.

Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento será la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.

Todo cemento que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos o tres (3) en silos, deberá ser examinado por el Interventor, para verificar si aún es susceptible de utilización.

#### 630.4.5.3 Almacenamiento de aditivos

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y observando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del cemento. Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos.

#### 630.4.5.4 Elaboración de la mezcla

Cuando la mezcla se produce en una planta central, sobre camiones mezcladores o por una combinación de estos procedimientos, el trabajo se deberá efectuar de acuerdo con los requisitos aplicables de la especificación ASTM C-94.

#### 630.4.5.5 Mezclado en plantas estacionarias en el lugar de la obra

Salvo indicación en contrario del Interventor, la mezcladora se cargará primero con una parte no superior a la mitad (1/2) del agua requerida para la cochada; a continuación, se añadirán simultáneamente el agregado fino y el cemento y, posteriormente, el agregado grueso, completándose luego la dosificación de agua durante un lapso que no deberá ser inferior a cinco segundos (5 s), ni superior a la tercera parte (1/3) del tiempo total de mezclado, contado a partir del instante de introducir el cemento y los agregados.

La mezcla se hará a la velocidad recomendada por el fabricante de la máquina y el tiempo de mezclado deberá ser superior a uno y medio minutos (1.5 min), contados a partir del momento en que todos los materiales están dentro del tambor mezclador y hasta el instante en que se inicie la descarga. Se podrá reducir este tiempo, solamente si se demuestra que la mezcla es satisfactoria. En todo caso, el tiempo de mezclado no deberá exceder de 5 minutos.

Como norma general, los aditivos se añadirán a la mezcla disueltos en una parte del agua de mezclado.

Antes de cargar nuevamente la mezcladora, se vaciará totalmente su contenido. En ningún caso, se permitirá el remezclado de concretos que hayan

fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, agregados y agua.

Cuando la mezcladora haya estado detenida por más de treinta (30) minutos, deberá ser limpiada perfectamente antes de verter materiales en ella. Así mismo, se requiere su limpieza total, antes de comenzar la fabricación de concreto con otro tipo de cemento.

Cuando la mezcla se elabore en mezcladoras al pie de la obra, el Constructor, con la supervisión del Interventor, transformará las cantidades correspondientes a la fórmula de trabajo en unidades volumétricas. El Interventor verificará que existen los elementos de dosificación precisos para obtener una mezcla de la calidad deseada.

#### 630.4.5.5.1 Mezclado en planta central

Se deberá ajustar, en todo lo pertinente, a lo indicado en el numeral anterior para la mezcla en mezcladoras estacionarias.

#### 630.4.5.5.2 Mezclado en camiones mezcladores (mixer)

Cuando se emplee un camión mezclador para mezclado completo, en tránsito o al llegar a la obra, cada bachada deberá ser mezclada por no menos de setenta (70) ni más de cien (100) revoluciones de tambor o paletas a la velocidad de rotación fijada por el fabricante del equipo. El tiempo adicional de mezcla, cuando sea requerido, se debe completar a la velocidad de agitación especificada por el fabricante.

Todos los materiales incluyendo el agua, deben estar dentro del tambor mezclador antes de iniciar el mezclado propiamente dicho y accionar el contador de revoluciones. El mezclado debe iniciar dentro de los treinta (30) minutos siguientes al instante en que el cemento es puesto en contacto con los agregados dentro del tambor.

Cuando los agregados estén húmedos, haya agua dentro del tambor, la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30 °C), se use un cemento de alta resistencia o se empleen aditivos aceleradores de fraguado, el tiempo citado en el párrafo anterior se deberá reducir a quince (15) minutos.

Cuando se trate de mezclado parcial en planta central, el tiempo de mezcla en la mezcladora estacionaria de la planta central se podrá reducir a treinta (30) segundos, completando el mezclado en el camión mezclador en tránsito, en la forma indicada en este numeral.

Los camiones mezcladores no se deberán cargar a más del 63 % del volumen del tambor para mezclado completo en tránsito o al llegar a la obra, ni a más del 70 % del volumen del tambor, cuando haya mezclado parcial en la planta central.

#### 630.4.5.5.3 Mezclado manual

La mezcla manual sólo se podrá efectuar, previa autorización del Interventor, para estructuras pequeñas que requieran concreto de resistencia a la compresión no superior a 14 MPa a los 28 días, o en casos de emergencia que requieran un reducido volumen de concreto. En tal caso, se deberá colocar un 20 % adicional de cemento, en peso, sobre el requerido según el diseño de la mezcla.

El mezclado manual se deberá hacer en bachadas no mayores de un cuarto de metro cúbico (0.25 m<sup>3</sup>), sobre una superficie lisa e impermeable.

Las cantidades de agregados se deberán medir en cajones de tamaños apropiados. El agregado fino y el cemento se deben mezclar cuidadosamente por medio de palas mientras estén secos, hasta que la mezcla tenga un color uniforme, después de lo cual se forma un cráter en el cual se incorpora el agua en la cantidad necesaria para obtener un mortero de consistencia adecuada. El material de la parte exterior del anillo del cráter se palea entonces hacia el centro y se da vueltas a toda la masa cortándola en secciones, hasta que se logre una consistencia uniforme.

Se humedece completamente el agregado grueso y se añade al mortero dando vueltas y revolviendo toda la masa cuando menos seis (6) veces, hasta que todas las partículas de este agregado queden perfectamente cubiertas por el mortero y la mezcla tenga color y apariencia uniformes.

Las cargas mezcladas a mano no se podrán emplear para concreto colocado debajo del agua.

#### 630.4.5.5.4 Reablandamiento del concreto

No se deberá hacer ningún reablandamiento del concreto, agregándole agua o por otros medios, excepto que con la autorización escrita del Interventor se podrá añadir agua adicional de mezcla al concreto transportado en camiones mezcladores o agitadores, siempre que no se exceda la relación agua/cemento especificada para la mezcla, que dicho concreto, a su descarga, cumpla todos los requisitos exigidos y que no se excedan los tiempos de mezcla y transporte especificados en este Artículo.

#### 630.4.6 Descarga, transporte y entrega de la mezcla

El concreto, al ser descargado de mezcladoras estacionarias, deberá tener la consistencia, trabajabilidad y la uniformidad requeridas para la obra.

Cuando se empleen camiones mezcladores o agitadores, la descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y la colocación del concreto deberán ser completados en un tiempo máximo de una y media (1 1/2) horas, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados, salvo que el Interventor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas, el uso de aditivos o las características del equipo de transporte.

El concreto descargado de camiones mezcladores o de camiones agitadores, debe ser entregado con la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridos para la obra. La velocidad de descarga del concreto premezclado debe ser controlada por la velocidad de rotación del tambor en la dirección de la descarga con la canaleta o compuerta de descarga completamente abierta. Si es necesario agregar agua adicional a la mezcla para alcanzar o mantener el asentamiento especificado, sin exceder la relación agua/cemento requerida, se debe mezclar nuevamente el contenido del tambor, por un mínimo de veinte (20) revoluciones a la velocidad de mezclado, antes de proceder a la descarga del concreto.

El concreto puede ser transportado en camiones tipo volqueta u otro equipo provisto de agitadores, si los documentos del proyecto lo admiten o el Interventor aprueba por escrito esta posibilidad. En tal caso, los recipientes deberán ser metálicos, lisos en su interior, con las esquinas redondeadas, equipados con compuertas para controlar la descarga y provistos de cobertores adecuados para proteger el concreto contra la intemperie. El concreto transportado en estos equipos debe ser mezclado previamente y

debe ser entregado con la consistencia y la uniformidad requeridas. La descarga en el punto de entrega debe ser completada en cuarenta y cinco minutos (45 min) desde que el cemento sea puesto en contacto con los agregados, lapso que el Interventor podrá variar según las condiciones climáticas del lugar o el uso de aditivos.

A su entrega en la obra, el Interventor rechazará todo concreto que haya desarrollado algún endurecimiento inicial, así como aquel que no sea entregado dentro del límite de tiempo aprobado o no tenga el asentamiento dentro de los límites especificados.

El concreto que por cualquier causa haya sido rechazado por el Interventor, deberá ser retirado de la obra y reemplazado por el Constructor, a su costa, por un concreto satisfactorio.

#### 630.4.7 Preparación para la colocación del concreto

Por lo menos cuarenta y ocho (48) horas antes de colocar concreto en cualquier lugar de la obra, el Constructor notificará por escrito al Interventor al respecto, para que éste verifique y apruebe los sitios de colocación.

La colocación no podrá comenzar, mientras el Interventor no haya aprobado el encofrado, el refuerzo, las partes embebidas y la preparación de las superficies que han de quedar contra el concreto. Dichas superficies se deberán encontrar completamente libres de suciedad, lodo, desechos, grasa, aceite, partículas sueltas y cualquier otra sustancia perjudicial. La limpieza puede incluir el lavado por medio de chorros de agua y aire, excepto para superficies de suelo o relleno, para las cuales este método puede no ser el adecuado.

Se deberá eliminar toda agua estancada o libre de las superficies sobre las cuales se va a colocar la mezcla y controlar que, durante la colocación de la mezcla y el fraguado, no se mezcle agua que pueda lavar o dañar el concreto fresco.

Las fundaciones en suelo contra las cuales se coloque el concreto, deberán ser humedecidas completamente, o recubrirse con una delgada capa de concreto, si así lo exige el Interventor.

## 630.4.8 Colocación del concreto

### 630.4.8.1 Requisitos generales

Esta operación se deberá efectuar en presencia del Interventor, salvo en determinados sitios específicos autorizados previamente por éste.

El concreto no se podrá colocar en instantes de lluvia, a no ser que el Constructor suministre cubiertas que, a juicio del Interventor, sean adecuadas para proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado.

Todo el concreto debe ser vaciado en horas de luz solar y su colocación en cualquier parte de la obra no se debe iniciar si no es posible completarla en dichas condiciones, a menos que se disponga de un adecuado sistema de iluminación, aprobado por el Interventor.

El concreto no se debe exponer a la acción del agua antes del fraguado final, excepto lo que se dispone en el numeral

630.4.9 para el concreto depositado bajo agua. El concreto se deberá colocar en seco y durante su colocación o después de ella no deberá ser expuesto a la acción de aguas o suelos que contengan soluciones alcalinas, hasta pasado un periodo por lo menos de tres (3) días, o de agua salada hasta los siete (7) días. Durante este lapso, el concreto se deberá proteger bombeando el agua perjudicial fuera de las formaletas y ataguías.

En todos los casos, el concreto se deberá depositar lo más cerca posible de su posición final y no se deberá hacer fluir por medio de vibradores. Los métodos utilizados para la colocación del concreto deberán permitir una buena regulación de la mezcla depositada, evitando su caída con demasiada presión o chocando contra las formaletas o el refuerzo. Por ningún motivo se permitirá la caída libre del concreto desde alturas superiores a uno y medio metros (1.50 m).

Al verter el concreto, se removerá enérgica y eficazmente, para que las armaduras queden perfectamente envueltas; cuidando especialmente los sitios en que se reúna gran cantidad de ellas, y procurando que se mantengan los recubrimientos y separaciones de la armadura.

En todos los casos que sea difícil colocar el concreto junto a las formaletas debido a las obstrucciones producidas por el acero de refuerzo o por cualquier otra condición, se deberá procurar el contacto apropiado entre el concreto y las caras interiores de las formaletas, vibrando estas últimas por medio de golpes en sus superficies exteriores con mazos de caucho o madera o por medio de vibradores de formaleta.

En caso de usar equipos inclinados (canoas, canaletas) deben tener una longitud máxima de 7 m, manteniendo un flujo continuo a una velocidad uniforme del concreto con pendientes, según el asentamiento del concreto, norma de ensayo INV E-404, no sobrepasando los valores de la Tabla 35.

Tabla 35 Pendientes máximas de equipos según el asentamiento de concreto

<b>ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (mm)</b>	<b>PENDIENTE (V:H)</b>
10 a 80	1:2
80 a 120	1:3

No se permitirá la colocación de concreto al cual se haya agregado agua después de salir de la mezcladora. Tampoco se permitirá la colocación de la mezcla fresca sobre concreto total o parcialmente endurecido, sin que las superficies de contacto hayan sido preparadas como juntas, según se describe en el numeral 630.4.11.

El Constructor deberá tener la precaución de no mover los extremos del refuerzo que sobresalga del concreto, por lo menos durante las primeras veinticuatro (24) horas luego de colocado el concreto.

A menos que los documentos del proyecto o el Interventor indiquen algo en contrario por el tipo de obra, el concreto se deberá colocar en capas continuas horizontales cuyo espesor no exceda de treinta centímetros (0.3 m).

Las descargas deberán sucederse una tras otra, debiendo cada una de ellas colocarse y compactarse antes de que la precedente haya alcanzado el fraguado inicial, para que no quede una separación entre las mismas. La superficie superior de cada capa de concreto se debe dejar algo áspera para lograr una liga eficiente con la capa subsiguiente. Cada capa superior deberá

ser compactada de forma que se evite la formación de una junta de construcción entre ella y la capa inferior.

Las capas que se completen en un día de trabajo o que hayan sido colocadas poco antes de interrumpir temporalmente las operaciones, se deben limpiar de cualquier material objetable tan pronto como las superficies sean lo suficientemente firmes para retener su forma. En ningún caso se suspenderá o interrumpirá temporalmente el trabajo dentro de los cuarenta y cinco centímetros (45 cm) debajo de la parte superior de cualquier superficie, a menos que los detalles de la obra tengan en cuenta un coronamiento de menos de dicho espesor, en cuyo caso, la junta de construcción se puede hacer en la parte inferior de dicho coronamiento.

El método y la manera de colocar el concreto se deberán regular de forma que todas las juntas de construcción se coloquen en las zonas de bajo esfuerzo cortante y, en lo posible, en sitios que no sean visibles.

#### 630.4.8.2 Colocación por bombeo

La colocación del concreto por bombeo puede ser permitida dependiendo de la adaptabilidad del método a usar en la obra. El equipo se deberá disponer de manera que las vibraciones derivadas de su operación no deterioren el concreto recién colocado.

Al emplear bombeo mecánico, la operación de la bomba deberá ser tal, que se produzca una corriente continua del concreto, sin bolsas de aire. Cuando se terminen las operaciones de bombeo, en caso de que se vaya a usar el concreto que quede en las tuberías, éste se debe expeler de tal manera que no se contamine o se produzcan segregaciones.

Al emplear bombeo neumático, el equipo de bombeo se debe colocar la más cerca posible del depósito de concreto. Las líneas de descarga deberán ser horizontales o inclinadas hacia arriba respecto de la máquina de bombeo.

Cuando se utilice equipo de bombeo, siempre se deberá disponer de los medios alternativos para continuar la operación de colocación del concreto en caso de que se dañe la bomba. El bombeo deberá continuar hasta que el extremo de la tubería de descarga quede completamente por fuera de la mezcla recién colocada.

Los equipos de bombeo deberán ser limpiados cuidadosamente después de cada periodo de operación.

#### 630.4.8.3 Colocación del agregado ciclópeo

La colocación del agregado ciclópeo, se deberá ajustar al siguiente procedimiento:

La piedra, limpia y húmeda, se deberá colocar cuidadosamente a mano, sin dejarla caer por gravedad en la mezcla de concreto simple, para no causar daño a las formaletas, a las alcantarillas en el caso de cabezales o al concreto adyacente parcialmente fraguado.

En estructuras cuyo espesor sea inferior a ochenta centímetros (80 cm), la distancia libre entre piedras o entre una piedra y la superficie de la estructura, no será inferior a diez centímetros (10 cm). En estructuras de mayor espesor, la distancia mínima se aumentará a quince centímetros (15 cm). En estribos y pilas no se podrá usar agregado ciclópeo en los últimos cincuenta centímetros (50 cm) debajo del asiento de la superestructura o placa.

Si se interrumpe la fundición, al dejar una junta de construcción se deben dejar piedras sobresaliendo no menos de diez centímetros (10 cm) para formar una llave. Antes de continuar el vaciado del concreto se deberá limpiar la superficie donde se colocará el concreto fresco y humedecerse la misma con agua limpia.

El concreto ciclópeo no se deberá usar en estructuras cuya altura sea menor de sesenta centímetros (60 cm) y/o en las que el espesor sea inferior a treinta centímetros (30 cm).

La proporción máxima del agregado ciclópeo será el cuarenta por ciento (40 %) del volumen total de concreto.

#### 630.4.9 Colocación del concreto bajo agua

El concreto no deberá ser colocado bajo agua, excepto cuando así se especifique en los planos o lo autorice el Interventor, quien efectuará una supervisión directa de los trabajos. En tal caso, el concreto tendrá un diez por ciento (10 %) de exceso de cemento, en peso, respecto del obtenido en el diseño de la mezcla.

Dicho concreto se deberá colocar cuidadosamente en su lugar, en una masa compacta, por medio de un tremie u otro método aprobado por el Interventor. Todo el concreto bajo el agua se deberá depositar en una operación continua.

No se deberá colocar concreto dentro de corrientes de agua y las formaletas diseñadas para retenerlo bajo el agua deberán ser impermeables. El concreto se deberá colocar de tal manera, que se logren superficies aproximadamente horizontales, y que cada capa se deposite antes de que la precedente haya alcanzado su fraguado inicial, con el fin de asegurar la adecuada unión entre las mismas.

#### 630.4.10 Vibración

El concreto colocado se deberá consolidar mediante vibración interna, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos. Durante la consolidación, el vibrador se deberá operar a intervalos regulares y frecuentes, en posición casi vertical y con su cabeza sumergida profundamente dentro de la mezcla.

Para lograr la compactación de cada capa antes de que se deposite la siguiente sin demorar la descarga, se debe usar un número suficiente de vibradores para consolidar el concreto que se está recibiendo, dentro de los quince (15) minutos siguientes a su colocación dentro de las formaletas. Para evitar demoras en el caso de averías, se debe disponer de un (1) vibrador auxiliar en el sitio de la obra para fundiciones individuales hasta de cincuenta metros cúbicos (50 m<sup>3</sup>) y dos (2) vibradores auxiliares para fundiciones de mayor volumen.

Las vibraciones se deben aplicar en el punto de descarga y donde haya concreto depositado poco antes.

Los vibradores no deberán ser empujados rápidamente, sino que se permitirá que ellos mismos se abran camino dentro de la masa de concreto y se retirarán lentamente para evitar la formación de cavidades.

La vibración deberá ser tal, que el concreto fluya alrededor del refuerzo y otros elementos que deban quedar embebidos en el concreto y llegue hasta las esquinas de las formaletas.

La vibración no debe ser aplicada sobre el refuerzo, ni forzarse a secciones o capas de concreto que hayan endurecido a tal grado que el concreto no pueda volverse plástico por su revibración.

No se deberá colocar una nueva capa de concreto, si la precedente no está debidamente consolidada.

La vibración no deberá ser usada para transportar mezcla dentro de las formaletas, ni se deberá aplicar directamente a éstas o al acero de refuerzo, especialmente si ello afecta masas de mezcla recientemente fraguada.

Con el fin de obtener un concreto debidamente compactado, carente de cavidades, hormigueros y similares, la vibración mecánica deberá ser completada con la compactación manual que sea necesaria a lo largo de las superficies de las formaletas y en las esquinas y puntos donde sea difícil obtener una vibración adecuada.

Las dimensiones de las agujas de los vibradores de inmersión y, en general, los tiempos de vibrado deberán ser cuidadosamente controlados, de manera de obtener las densidades máximas sin sobre-vibrar.

#### 630.4.11 Juntas

Se deberán construir juntas de construcción, contracción y dilatación, con las características y en los sitios indicados en los planos de la obra o donde lo indique el Interventor. El Constructor no podrá introducir juntas adicionales o modificar el diseño de localización de las indicadas en los planos o aprobadas por el Interventor, sin la autorización de éste. En superficies expuestas, las juntas deberán ser horizontales o verticales, rectas y continuas, a menos que se indique lo contrario.

En general, se deberá dar un acabado pulido a las superficies de concreto en las juntas y se deberán utilizar para las mismas los rellenos, sellos o retenedores indicados en los planos.

#### 630.4.12 Agujeros para drenaje

Los agujeros para drenaje o alivio se deberán construir de la manera y en los lugares señalados en los planos. Los dispositivos de salida, bocas o

respiraderos para igualar la presión hidrostática se deberán colocar más abajo que las aguas mínimas y también de acuerdo con lo indicado en los planos.

Los moldes para practicar agujeros a través del concreto pueden ser de tubería metálica, plástica o de concreto, cajas de metal o de madera. Si se usan moldes de madera, ellos deberán ser removidos después de colocado el concreto.

#### 630.4.13 Remoción de las formaletas y de la obra falsa

El tiempo de remoción de formaletas y obra falsa está condicionado por el tipo y la localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto.

Si las operaciones de campo no están controladas por pruebas de laboratorio, los valores de la Tabla 37 pueden ser empleados como guía para el tiempo mínimo requerido antes de la remoción de formaletas y soportes.

Tabla 36 Tiempo mínimo para remoción de formaletas y soportes

TIPO DE OBRA	TIEMPO MÍNIMO PARA REMOCIÓN DE FORMALETAS Y SOPORTES
Estructuras para arcos	14 días
Estructuras bajo vigas	14 días
Soportes bajo losas planas	14 días
Losas de piso	14 días
Placa superior en alcantarillas de cajón	14 días
Superficies de muros verticales	48 horas
Columnas	48 horas
Lados y vigas y todas las demás partes	24 horas

Si las operaciones de campo son controladas por ensayos de resistencia de cilindros de concreto, la remoción de formaletas y demás soportes se podrá efectuar al lograrse las resistencias fijadas en el diseño. Los cilindros de

ensayo deberán ser curados bajo condiciones iguales a las más desfavorables de la estructura que representan.

La remoción de formaletas y soportes se debe hacer cuidadosamente y en forma tal, que permita al concreto tomar gradual y uniformemente los esfuerzos debidos a su peso propio.

#### 630.4.14 Acabado

Todas las superficies de concreto deberán recibir un acabado inmediatamente después del retiro de las formaletas. El tipo de acabado dependerá de las características de la obra construida.

##### 630.4.14.1 Acabado ordinario

Es el procedimiento usado para la mayoría de las estructuras. Inmediatamente después de remover las formaletas, toda la rebaba y salientes irregulares de la superficie del concreto se deberán cincelar a ras de la superficie. Todos los alambres y varillas que sobresalgan se deberán cortar, cuando menos, cinco milímetros (5 mm) bajo la superficie. Todas las cavidades pequeñas se deberán limpiar cuidadosamente, saturarse con agua y rellenarse con un mortero compuesto por una (1) parte de cemento hidráulico y dos (2) de arena, el cual deberá ser completamente apisonado en su lugar. En caso de cavidades mayores, se aplicará una capa delgada de pasta de cemento puro antes de colocar el mortero de relleno. Todos los remiendos deberán mantenerse húmedos por un período no menor de cinco (5) días.

Para el relleno de cavidades grandes o profundas se deberá incluir agregado grueso en el mortero de relleno.

Las zonas con hormigueros excesivos pueden ser causa de rechazo de la estructura, en cuyo caso el Constructor deberá demoler y reconstruir, a su costa, la parte afectada.

Todas las juntas de construcción y de dilatación en la obra terminada deben dejarse cuidadosamente trabajadas y quedar sin restos de mortero y concreto. El relleno de las juntas deberá quedar con los bordes limpios en toda su longitud.

#### 630.4.14.2 Acabado por frotado de superficie

Tan pronto como se hayan removido las formaletas y lo permita la condición del concreto, se iniciará el frotado, empapando las superficies con agua, y frotándolas luego con una piedra de carborundo de mediana aspereza, esmerilando la superficie hasta formar una pasta.

La operación de frotado se debe continuar hasta que todas las señales dejadas por las formaletas y demás salientes e irregularidades hayan sido removidas y la superficie presente una textura lisa y un color uniforme.

En este proceso no se deberá emplear ninguna lechada de cemento ni enlucido de mortero.

La pasta producida por el frotamiento debe ser cepillada cuidadosamente o ser extendida uniformemente en una capa delgada sobre la superficie, dejándose que vuelva a fraguar. El acabado final se obtiene mediante un segundo frotado con una piedra de carborundo más fina.

Este sistema de acabado es prescriptivo para las barandas de concreto a las cuales hace referencia el Artículo 632 “Barandas en concreto” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), así como en las demás superficies en los cuales se requiera de manera explícita en los documentos del proyecto.

#### 630.4.14.3 Acabado de pisos de puentes

Si el piso va a ser cubierto con una capa asfáltica, basta con asegurar que la superficie de concreto sea correctamente nivelada para que presente las pendientes transversales indicadas en los planos del proyecto.

Si el piso del puente se va a usar como capa de rodadura, deberá ser sometido a las operaciones de acabado descritas en el Artículo 500 “Pavimento de concreto hidráulico” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 630.4.14.4 Acabado de losas de pisos

Si los documentos del proyecto no establecen otra cosa diferente, su acabado será como el descrito en el Artículo

500 para los pavimentos de concreto hidráulico, exceptuando el texturizado transversal final.

#### 630.4.14.5 Acabado de andenes de concreto

El concreto colocado y compactado deberá ser alisado con equipo similar al empleado en los pavimentos de concreto hidráulico. Los bordes y las juntas de dilatación se deberán acabar con una herramienta apropiada para ello.

Se deberá garantizar que la textura no sea resbaladiza cuando la superficie esté mojada.

#### 630.4.15 Curado

Inmediatamente después del retiro de las formaletas y del acabado de las superficies, el concreto se someterá a un proceso de curado que se prolongará a lo largo del plazo prefijado por el Interventor, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climáticas del lugar.

En general, los tratamientos de curado se deberán mantener por un período no menor de catorce (14) días después de terminada la colocación de la mezcla de concreto; en algunas estructuras no masivas, este período podrá ser disminuido, pero en ningún caso será menor de siete (7) días.

Se deben tomar todas las precauciones necesarias para proteger el concreto fresco contra las altas temperaturas y los vientos que puedan causar un secado prematuro y la formación de agrietamientos superficiales. De ser necesario, se colocarán cortinas protectoras contra el viento hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente para recibir el tratamiento de curado.

El curado, mediante alguno de los sistemas mencionados en el numeral 630.2.5, se realizará de conformidad con todo lo que resulte pertinente del Artículo 500 “Pavimento de concreto hidráulico” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), relativo al curado de los pavimentos de concreto hidráulico.

En la eventualidad de que se produzca un sismo durante el proceso de curado, el Constructor deberá tener especial cuidado en efectuar una revisión detallada del concreto colocado y de la estructura luego del sismo, informando al Interventor sobre cualquier daño motivado por el fenómeno. Sin perjuicio de ello, si así lo estimase el Interventor, se realizarán los ensayos que considere convenientes para verificar la calidad del concreto, pudiendo ordenar el retiro de éste si, a su juicio, los ensayos realizados revelaren alteraciones al concreto colocado.

#### 630.4.16 Deterioros

Todo concreto defectuoso o deteriorado deberá ser reparado o removido y reemplazado por el Constructor, según lo requiera el Interventor. Toda mano de obra, equipo y materiales requeridos para la remoción, reparación, reemplazo, acabado y curado del concreto defectuoso, serán suministrados por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

#### 630.4.17 Limpieza final

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el Constructor deberá retirar del lugar toda obra falsa, materiales excavados o no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el Interventor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable.

#### 630.4.18 Limitaciones en la ejecución

La temperatura de la mezcla de concreto, inmediatamente antes de su colocación, deberá estar entre diez y treinta y dos grados Celsius (10° C – 32° C).

Cuando se pronostique una temperatura inferior a cuatro grados Celsius (4° C) durante el vaciado o en las veinticuatro (24) horas siguientes, la temperatura del concreto no podrá ser inferior a trece grados Celsius (13° C) cuando se vaya a emplear en secciones de menos de treinta centímetros (30 cm) en cualquiera de sus dimensiones, ni inferior a diez grados Celsius (10° C) para otras secciones.

La temperatura durante la colocación no deberá exceder de treinta y dos grados Celsius (32° C), para que no se produzcan pérdidas en el asentamiento, fraguado falso o juntas frías. Cuando la temperatura de las formaletas metálicas o de las armaduras exceda de cincuenta grados Celsius (50° C), se deberán enfriar mediante rociadura de agua, inmediatamente antes de la colocación del concreto.

La colocación del concreto en horas de la noche o en instantes de lluvia solo se permitirá si se cumplen las condiciones indicadas en el numeral 630.4.8.1.

#### 630.4.19 Manejo ambiental

Todas las labores de ejecución de obras de concreto estructural se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

### **630.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 630.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, el transporte, la colocación, la consolidación, la ejecución de juntas, el acabado y el curado de las mezclas.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y en la mezcla de concreto durante el período de ejecución de las obras.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Tomar, de manera cotidiana, muestras de la mezcla elaborada para determinar su resistencia.
- Realizar medidas para determinar las dimensiones de la estructura y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de obra satisfactoriamente ejecutados.

#### 630.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### 630.5.2.1 Calidad del cemento

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, ordenará o ejecutará los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

### 630.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna incertidumbre sobre su calidad, ordenará o ejecutará los ensayos relacionados en las Tablas 630 - 5 y 630 - 6; sólo la aceptará si se cumplen los límites establecidos en ellas.

### 630.5.2.3 Calidad de los agregados

Se verificará mediante la ejecución de las mismas pruebas descritas en el numeral 500.5.2.3 del Artículo 500 “Pavimento de concreto hidráulico” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). En cuanto a la frecuencia de ejecución, ella se deja al criterio del Interventor, de acuerdo con la magnitud de la obra bajo control. De dicha decisión se deberá dejar constancia escrita.

### 630.5.2.4 Calidad de los aditivos y de los productos químicos de curado

El Interventor deberá solicitar certificaciones a los proveedores de estos productos, donde garanticen su calidad y conveniencia de utilización.

### 630.5.2.5 Calidad de la mezcla

#### 630.5.2.5.1 Dosificación

La mezcla se deberá efectuar en las proporciones establecidas en la fórmula de trabajo, admitiéndose las siguientes variaciones en el peso de sus componentes (respecto a su propio peso):

- Agua, cemento y aditivos  $\pm 1 \%$
- Agregado fino  $\pm 2 \%$
- Agregado grueso hasta de 38 mm  $\pm 2 \%$
- Agregado grueso mayor de 38 mm  $\pm 3 \%$

La tolerancia del agua de mezclado se deberá medir con la tolerancia especificada, corregida según la condición de humedad de los agregados y la cantidad de aditivo líquido, si se usa.

Las mezclas dosificadas por fuera de estos límites, serán rechazadas por el Interventor.

#### 630.5.2.5.2 Consistencia

Se controlará la consistencia de cada carga entregada, para lo cual se tomará una muestra representativa de ella que someterá al ensayo de asentamiento (INV E-404), cuyo resultado se deberá encontrar dentro de los límites indicados en los documentos del proyecto para cada clase de concreto, según lo mencionado en el numeral 630.4.2. En caso de no cumplirse este requisito, se rechazará la carga correspondiente. Por ningún motivo se permitirá la adición de agua al concreto elaborado para incrementar su asentamiento.

#### 630.5.2.5.3 Resistencia

El concreto por evaluar se agrupará por lotes, entendiendo por lote el volumen de concreto de una misma clase, elaborado con la misma fórmula de trabajo, representado por un conjunto de muestras que se someterán a evaluación en forma parcial, como se describe a continuación.

Una parcialidad del lote estará constituida por el menor volumen resultante entre (i) cincuenta metros cúbicos (50 m<sup>3</sup>) y (ii) el volumen de concreto colocado en una jornada de trabajo.

De dicha parcialidad se tomará una muestra compuesta por cuatro (4) especímenes según el método descrito en la norma de ensayo INV E-401, con los cuales se fabricarán probetas cilíndricas según la norma INV E-402, para someterlas a ensayos de resistencia a compresión según la norma INV E-410. De ellas, se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, luego de ser sometidas al curado normalizado. Los valores de resistencia a siete (7) días sólo se emplearán para verificar la regularidad de la calidad de la producción del concreto, mientras que los obtenidos a veintiocho (28) días se emplearán para la comprobación de la resistencia del concreto.

El promedio de la resistencia a compresión de los dos (2) especímenes tomados simultáneamente de una misma cochada, se considerará como el resultado de un ensayo (f i).

La resistencia de cada parcialidad del lote será considerada satisfactoria, si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

$$f_i \geq (f'c - k_1) \quad [630.3]$$

$$f_m \geq f'c \quad [630.4]$$

Donde:

$f_i$ : Resultado de un ensayo de resistencia a compresión a los veintiocho (28) días, en MPa.

$f'c$ : Resistencia característica a compresión a los veintiocho (28) días, indicada en los planos del proyecto y utilizada para el diseño estructural de la obra, en MPa.

$k_1$ : Constante de evaluación. Para concretos con resistencia a la compresión a los veintiocho (28) días ( $f'c$ ) menor o igual a 20 MPa,  $k_1 = 2.6$  MPa; para concretos con resistencia a la compresión a los veintiocho (28) días ( $f'c$ ) mayor o igual a 20 MPa,  $k_1 = 3.5$  MPa.

$f_m$ : Valor promedio de resistencia a compresión a los veintiocho (28) días de tres (3) ensayos consecutivos (MPa). Cuando se trate de la primera muestra, su resultado se considerará como promedio y cuando se trate de la segunda, se tomará el promedio de las dos primeras.

El resultado de los cálculos de resistencia del concreto, en MPa, deberá ser aproximado a la décima, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

Si en algún momento una o las dos exigencias recién indicadas son incumplidas, el Interventor ordenará una revisión de la parte de la estructura que esté en duda, utilizando métodos idóneos para detectar las zonas más débiles y requerirá que el Constructor, a su costa, tome núcleos de dichas zonas, en acuerdo a la norma INV E-418.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

Se deberán tomar tres (3) núcleos por cada valor no conforme. Si el concreto de la estructura va a permanecer seco en condiciones de servicio, los testigos se secarán al aire durante siete (7) días a

una temperatura entre dieciséis y veintisiete grados Celsius (16° C a 27° C) y luego se probarán secos. Si el concreto de la estructura se va a encontrar húmedo en condiciones de servicio, los núcleos se sumergirán en agua por cuarenta y ocho (48) horas y se fallarán a continuación.

Se considerará aceptable la resistencia del concreto de la zona representada por los núcleos, si el promedio de la resistencia a compresión de los tres

(3) núcleos, corregida por la esbeltez, es al menos igual al ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada en los planos ( $f'c$ ), siempre que ningún núcleo tenga menos del setenta y cinco por ciento (75 %) de dicha resistencia.

Si los criterios de aceptación anteriores no se cumplen, el Constructor podrá solicitar que, a sus expensas, se hagan pruebas de carga en la parte dudosa de la estructura conforme lo especifica el reglamento ACI. Si estas pruebas dan un resultado satisfactorio, se aceptará el concreto en discusión. En caso contrario, el Constructor deberá adoptar las medidas correctivas que solicite el Interventor, las cuales podrán incluir la demolición parcial o total de la estructura, si fuere necesario, y su posterior reconstrucción, a costa del Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

Siempre que se produzcan rechazos se deberá reiniciar el promedio de las medias móviles ( $f_m$ ) para las evaluaciones subsiguientes.

#### 630.5.2.6 Calidad del producto terminado

#### 630.5.2.7 Desviaciones máximas admisibles en las dimensiones laterales

- Vigas pretensadas y postensadas: -0.5 cm a + cm
- Vigas, columnas, placas, pilas, muros y estructuras similares de concreto reforzado:  
-1.0 cm a +2.0 cm

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

- Muros, estribos y cimientos -2.0 cm a +5.0 cm

#### 630.5.2.7.1 Desplazamiento

El desplazamiento de las obras, con respecto a la localización indicada en los planos, no podrá ser mayor que la desviación máxima positiva (+) indicada para las desviaciones en el numeral 630.5.2.6.1.

#### 630.5.2.7.2 Otras tolerancias

- Espesores de placas: -1.0 cm a + 2.0 cm
- Cotas superiores de placas y andenes:  
-1.0 cm a + 1.0 cm
- Recubrimiento del refuerzo:  $\pm 10 \%$
- Espaciamiento entre varillas: -2.0 cm a + 2.0 cm

#### 630.5.2.7.3 Regularidad de la superficie

La superficie no podrá presentar irregularidades que superen los límites que se indican a continuación, al colocar sobre la superficie una regla de tres metros (3 m).

- Placas y andenes: 0.4 cm
- Otras superficies de concreto simple o reforzado: 1.0 cm
- Muros de concreto ciclópeo: 2.0 cm

#### 630.5.2.8 Curado

Toda fundida de concreto que no sea correctamente curada, puede ser rechazada por el Interventor. Si se trata de una superficie de contacto con fundidas subsecuentes de concreto, deficientemente curada, el Interventor podrá exigir la remoción de una capa hasta de cinco centímetros (5 cm) de espesor, por cuenta del Constructor, y su consecuente reposición con una mezcla satisfactoria, correctamente curada.

Todo concreto donde los materiales, mezclas y producto terminado excedan las tolerancias de esta especificación deberá ser corregido por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las indicaciones del Interventor y a plena

satisfacción de éste. Esta corrección podrá contemplar, inclusive, la demolición parcial o total de la estructura.

### **630.6 MEDIDA**

La unidad de medida del concreto estructural será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla de concreto realmente suministrada, colocada y consolidada en obra, debidamente acabada y curada y aceptada a satisfacción por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud horizontal, medida a lo largo de la estructura, por el ancho y espesor especificados en los planos o modificados por el Interventor. No se medirá, para los fines de pago, ninguna obra ejecutada por fuera de las dimensiones o líneas establecidas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Interventor.

De los volúmenes calculados se deducirán los correspondientes a las tuberías de drenaje y elementos de acero, excepto los ocupados por el acero de refuerzo y de pre-esfuerzo.

### **630.7 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y alquiler de las fuentes de las cuales se extraerán los agregados pétreos, así como el descapote y la preparación de las zonas por explotar y la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar sus características hidrológicas superficiales al terminar la explotación.

Deberá cubrir, también, todos los costos de construcción o mejoramiento de las vías de acceso a las fuentes, los de la explotación de ellas; la selección, la trituración, y el eventual lavado y la clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y las mezclas de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluyendo los aditivos.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos por concepto de patentes utilizadas por el Constructor; el suministro, instalación y operación de los equipos; la preparación de la superficie de las excavaciones si no está contemplada en el Artículo 600 “Excavaciones varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); el suministro de materiales y accesorios para las formaletas y la obra falsa y su construcción y remoción; el diseño y la elaboración de las mezclas de concreto, su cargue, transporte al sitio de la obra, colocación y vibrado; el suministro y la aplicación del producto para el curado del concreto terminado, la ejecución de juntas y de agujeros para drenaje, el acabado, la limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

También, deberá incluir el costo de la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, y los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Las obras de concreto que estén cubiertas por otro ítem de pago, tampoco se consideran incluidas en el presente Artículo.

El acero de refuerzo se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 640 “Acero de refuerzo” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y el de preesfuerzo de acuerdo con el Artículo 641 “Acero de preesfuerzo” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## 630.8 ÍTEM DE PAGO

630.3 Concreto Clase C (para box culvert) 28 MPa	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>
630.3.1 Concreto Clase C (viga cabezal y anillo de confinamiento) 28 MPa	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>
630.3.2 Concreto Clase C (muro pantalla) 28 MPa	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>
630.3.3 Concreto Clase D (recubrimiento e inyección de gaviones) 21 Mpa	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>
630.3.4 Concreto Clase C (pilas) 28 MPa	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>
630.3.6 Concreto Clase D (canales y obras hidráulicas) 21 MPa	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>
630.3.7 Concreto Clase D(cimentación de tubería RIB STEEL) 21 MPA	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>
630.7 Concreto Clase G 14 MPa Ciclopeo	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>
630.8 Concreto Clase G 14 MPa Solados	<b>Metro cúbico (m<sup>3</sup>)</b>

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

## **640 ARTÍCULO 640 ACERO DE REFUERZO**

### **640.1 DESCRIPCIÓN**

#### 640.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, corte, doblamiento y colocación de barras de acero en estructuras de concreto, en concordancia con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones y recomendaciones dadas por el Interventor.

### **640.2 MATERIALES**

#### 640.2.1 Barras de refuerzo

Deberán cumplir las que sean pertinentes de las siguientes normas, según se establezca en los planos del proyecto: NTC 161, NTC 248 y NTC 2289; AASHTO M-31 y ASTM A-706.

El refuerzo liso solo se permite en estribos, refuerzo de retracción y temperatura o refuerzo en espiral, siempre y cuando así esté contemplado en los planos del proyecto; no se puede utilizar como refuerzo longitudinal a flexión. No se permite acero liso en refuerzo longitudinal ni transversal de elementos que sean parte del sistema de resistencia sísmica, excepto en las espirales, si así lo indican los planos del proyecto.

#### 640.2.2 Mallas electrosoldadas

Los alambres para mallas y las mallas en sí deberán cumplir con las siguientes normas, según se establezca en los planos del proyecto: NTC 1925 y NTC 2310; ASTM A-185 y ASTM A-497; AASHTO M- 32, AASHTO M-55, AASHTO M-221 y AASHTO M-225.

En mallas de alambre liso, las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 300 mm, ni a más de 400 mm en mallas de alambre corrugado, excepto cuando las mallas se utilizan como estribos.

#### 640.2.3 Masas teóricas de las barras de refuerzo

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

Para efectos de la comprobación de la designación y del pago de las barras, se considerarán las masas unitarias que se indican en las Tablas 37 y 38

Los números de designación, son iguales al número de octavos de pulgada del diámetro nominal de referencia. La letra M indica que son diámetros nominales en milímetros (mm).

Tabla 37 Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en octavos de pulgada)

BARRA	DIÁMETRO NOMINAL		MASA (kg/m)
	(mm)	(pulgadas)	
No. 2	6.4	¼	0.25
No. 3	9.5	⅜	0.56
No. 4	12.7	½	1.00
No. 5	15.7	⅝	1.55
No. 6	19.1	¾	2.24
No. 7	22.2	⅞	3.04
No. 8	25.4	1	3.97
No. 9	28.7	1 ⅛	5.06
No. 10	32.3	1 ¼	6.41
No. 11	35.8	1 ⅜	7.91
No. 14	43.0	1 ¾	11.38
No. 18	57.3	2 ¼	20.24

Tabla 38 Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en milímetros)

BARRA	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	MASA (kg)
6M	6.0	0.22
8M	8.0	0.39
10M	10.0	0.62
12M	12.0	0.89
16M	16.0	1.58
18M	18.0	2.00
20M	20.0	2.47
22M	22.0	2.98
25M	25.0	3.85

<b>BARRA</b>	<b>DIÁMETRO NOMINAL (mm)</b>	<b>MASA (kg)</b>
32M	32.0	6.31
45M	45.0	12.48
55M	55.0	18.64

### **640.3 EQUIPO**

Se requiere de equipo adecuado para el corte y el doblado de las barras de refuerzo.

Si se autoriza el empleo de soldadura, el Constructor deberá disponer del equipo apropiado para dicha labor y de personal capacitado para la misma. Se requiere, además, la certificación del fabricante del acero que indique que el producto es apto para ser soldado y que dé las recomendaciones para esta labor.

Se requieren, además, elementos que permitan asegurar correctamente el refuerzo en su posición, así como herramientas menores.

### **640.1 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Se deberán tener en cuenta las exigencias del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, en sus versiones vigentes, en todos los aspectos que resulten aplicables.

#### **640.1.1 Planos y despiece**

Antes de cortar el material según las formas indicadas en los planos, el Constructor deberá verificar las listas de despiece y los diagramas de doblado. Si los planos no los muestran, las listas y los diagramas deberán ser preparados por el Constructor para someterlos a la aprobación del Interventor, pero tal aprobación no exime a aquel de su responsabilidad por la exactitud de los mismos. En este caso, el Constructor deberá contemplar el costo de la elaboración de las listas y los diagramas mencionados, dentro de los precios de su oferta.

Si el Constructor desea replantear una junta de construcción en cualquier parte de una estructura para la cual el Interventor le haya suministrado planos de refuerzo y listas de despiece, y dicho replanteo es aprobado por el Interventor, el Constructor deberá revisar, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, los planos y las listas de despiece que correspondan a la junta propuesta, y someter las modificaciones respectivas para aprobación del Interventor, al menos treinta (30) días antes de la fecha prevista para el corte y el doblamiento del refuerzo para dicha parte de la obra. Si, por cualquier razón, el Constructor no cumple con este replanteo, la junta y el refuerzo correspondiente deberán ser dejados sin modificación alguna, según se muestre en los planos suministrados por el Interventor.

#### 640.1.2 Suministro y almacenamiento

Todo envío de acero de refuerzo que llegue al sitio de la obra o al lugar donde vaya a ser doblado, deberá estar identificado con etiquetas en las cuales se indiquen la fábrica, el grado del acero y el lote o colada correspondiente.

El acero deberá ser almacenado en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado y deberá ser protegido, hasta donde sea posible, contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y de ambientes corrosivos.

#### 640.1.3 Doblamiento

Las barras de refuerzo deberán ser dobladas en frío, de acuerdo con las listas de despiece aprobadas por el Interventor. Los diámetros mínimos de doblamiento, medidos en el interior de la barra, con excepción de flejes y estribos, no deben ser menores que los indicados en la Tabla 39.

El diámetro mínimo de doblamiento para estribos de barras No. 5 y 16M o menores no debe ser menos de cuatro (4) veces el diámetro. Para barras mayores a la No. 5 y 16M se doblarán con los diámetros mínimos establecidos en la Tabla 39.

El doblamiento de las barras se realizará en frío y a una velocidad moderada. Deberá evitarse el doblado de barras a temperaturas inferiores a cinco grados centígrados (5° C).

#### 640.1.4 Colocación y amarre

Todo acero de refuerzo al ser colocado en la obra y antes de la fundición del concreto, deberá estar libre de polvo, escamas de óxido, rebabas, pintura, aceite, grasa o cualquier otro tipo de suciedad que pueda afectar la adherencia del acero en el concreto. Todo mortero seco deberá ser quitado del acero.

Tabla 39 Diámetro mínimo de doblamiento

NÚMERO DE BARRA	DIÁMETRO MÍNIMO
2 a 8 6M a 25M	6 diámetros de la barra
9 a 11 32M	8 diámetros de la barra
14 y 18 45M y 55M	10 diámetros de la barra

Las barras deberán ser colocadas con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los planos, y deberán ser aseguradas firmemente en las posiciones señaladas, de manera que no sufran desplazamientos durante la colocación y el fraguado del concreto. La posición del refuerzo dentro de las formaletas deberá ser mantenida por medio de tirantes, bloques, silletas de metal, espaciadores o cualquier otro soporte aprobado. Los bloques deberán ser de mortero de cemento prefabricado, de calidad, forma y dimensiones aprobadas. Las silletas de metal que entren en contacto con la superficie exterior del concreto, deberán ser galvanizadas. No se permitirá el uso de guijarros, fragmentos de piedra o de ladrillo, tubería de metal o bloques de madera.

Las barras se deberán amarrar con alambre en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de 300 mm, para lo cual se amarrarán alternadamente. El alambre usado para el amarre deberá ser del tipo negro calibre número dieciocho (No. 18). No se permitirá la soldadura en las intersecciones de las barras de refuerzo.

Si el refuerzo de malla se suministra en rollos para ser usados en superficies planas, la malla deberá ser enderezada en láminas planas, antes de su colocación.

Cuando se coloquen dos o más filas de barras, las de las filas superiores deberán colocarse directamente encima de las de la fila inferior y la separación libre entre filas no deberá ser menor de veinticinco milímetros (25 mm).

Cuando se coloquen dos o más filas (o capas) de barras, las barras superiores deberán colocarse directamente encima de las inferiores y la

separación libre entre filas no deberá ser menor de treinta y cinco milímetros (35 mm), no menor que el diámetro de la barra, ni menor de uno con treinta y tres (1.33) veces el tamaño del agregado grueso.

Estos requisitos se deberán cumplir, también, en la separación libre entre un empalme por traslapo y otros empalmes u otras barras.

Además, se deberán obtener los recubrimientos mínimos especificados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes.

El Interventor deberá revisar y aprobar el refuerzo de todas las partes de las estructuras, antes de que el Constructor inicie la colocación del concreto.

#### 640.1.5 Traslapos y uniones

Los traslapos de las barras de refuerzo deberán cumplir los requisitos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes; los traslapos se efectuarán en los sitios mostrados en los planos o donde lo indique el Interventor, debiendo ser localizados de acuerdo con las juntas del concreto.

El Constructor podrá introducir traslapos y uniones adicionales, en sitios diferentes a los mostrados en los planos, siempre y cuando dichas modificaciones sean aprobadas por el Interventor, que los traslapos y uniones en barras adyacentes queden alternados según lo exija éste, y que el costo del refuerzo adicional requerido sea asumido totalmente por el Constructor.

En los traslapos, las barras deberán quedar colocadas en contacto entre sí, amarrándose con alambre, de manera que mantengan la alineación y su espaciamiento dentro de las distancias libres mínimas especificadas en relación a las demás varillas y a las superficies del concreto.

El Constructor podrá reemplazar las uniones traslapadas por uniones soldadas empleando soldadura que cumpla las normas de la American Welding Society, AWS D1.4. En tal caso, los soldadores y los procedimientos deberán ser precalificados por el Interventor de acuerdo con los requisitos de la AWS y las juntas soldadas deberán ser revisadas radiográficamente o por otro método no destructivo que esté contemplado por la práctica. El costo de este reemplazo y el de las pruebas de revisión del trabajo así ejecutado, correrán por cuenta del Constructor.

Las láminas de malla o parrillas de varillas se deberán traslapar suficientemente entre sí, para mantener una resistencia uniforme y se deberán asegurar en los extremos y bordes. El traslapo de borde deberá ser, como mínimo, igual a un (1) espaciamiento en ancho.

#### 640.1.6      Cuantías del refuerzo

Se deben cumplir en toda sección de un elemento estructural las disposiciones de cuantías máximas y mínimas establecidas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes.

#### 640.1.7      Sustituciones

La sustitución de cuantías de refuerzo sólo se podrá efectuar con autorización del Interventor. En tal caso, el acero sustituido deberá tener un área y perímetro equivalentes o mayores que el área y perímetro de diseño, sin exceder los límites establecidos en el numeral 640.4.6.

#### 640.1.8      Manejo ambiental

El suministro, almacenamiento, transporte e instalación del acero de refuerzo efectivamente colocado en la estructura, así como el manejo de los desperdicios ocasionados, deberá realizarse en un todo de acuerdo con la normatividad ambiental vigente.

## **640.1 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

### 640.1.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Verificar que el corte, doblado, colocación y cuantía del refuerzo se efectúen de acuerdo con los planos, con esta especificación y con sus instrucciones.
- Vigilar la regularidad del suministro del acero durante el periodo de ejecución de los trabajos.
- Verificar que cuando se sustituya el refuerzo indicado en los planos, se utilice acero de área y perímetro iguales o superiores a los de diseño.
- Efectuar las medidas correspondientes para el pago del acero de refuerzo correctamente suministrado y colocado.

El Interventor solicitará al Constructor copia certificada de los análisis químicos y pruebas físicas realizadas por el fabricante a muestras representativas de cada suministro de barras de acero

### 640.1.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

#### 640.5.2.1 Calidad del acero

Las barras y mallas de refuerzo deberán ser ensayadas en fábrica y sus resultados deberán satisfacer los requerimientos de las normas correspondientes NTC, AASHTO o ASTM relacionadas en el numeral 640.2.

El Constructor deberá suministrar al Interventor una certificación de los resultados de los análisis químicos y pruebas físicas realizadas por el fabricante para el lote correspondiente en cada envío de refuerzo a la obra. En caso de que el Constructor no cumpla con este requisito, el Interventor ordenará, a expensas de aquel, la ejecución de todos los ensayos que considere necesarios sobre el refuerzo, antes de aceptar su utilización.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Cuando se autorice el empleo de soldadura para las uniones, su calidad y la del trabajo ejecutado se verificarán de acuerdo con lo indicado en el numeral 640.4.5.

Las varillas que tengan fisuras o hendiduras en los puntos de flexión, serán rechazadas.

#### 640.1.2.1 Calidad del producto terminado

Se aceptarán las siguientes tolerancias en la colocación del acero de refuerzo:

##### 640.1.2.1.1 Desviación en el espesor de recubrimiento:

- Con recubrimiento menor o igual a cincuenta milímetros (< 50 mm): cinco milímetros (5 mm).
- Con recubrimiento superior a cincuenta milímetros (> 50 mm): diez milímetros (10 mm).

##### 640.1.2.1.2 Desviación en los espaciamientos prescritos:

Se deberá cumplir lo indicado en el numeral 640.4.4.

##### 640.1.2.1.3 Área

No se permitirá la colocación de acero con áreas y perímetros inferiores a los de diseño.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de esta especificación, deberá ser corregido por el Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con procedimientos aceptados por el Interventor y a plena satisfacción de éste.

## **640.2 MEDIDA**

La unidad de medida será el kilogramo (kg), aproximado al décimo de kilogramo, de acero de refuerzo para estructuras de concreto realmente suministrado y colocado en obra y debidamente aceptado por el Interventor.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida no incluye el peso de soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio; ni los empalmes adicionales a los indicados en los planos, que hayan sido autorizados por el Interventor, para conveniencia del Constructor.

Tampoco se medirá el acero específicamente estipulado para pago en otras unidades de obra del contrato.

Si se sustituyen barras a solicitud del Constructor y como resultado de ello se usa más acero del que se ha especificado, no se medirá la cantidad adicional.

La medida para barras se basará en la masa computada para los tamaños y longitudes de barras utilizadas, usando las masas unitarias indicadas en las Tablas 38 y 39.

La medida para malla de alambre será el producto del área en metros cuadrados de malla efectivamente incorporada y aceptada en la obra por su masa real en kilogramos por metro cuadrado ( $\text{kg/m}^2$ ), aproximado al kilogramo completo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en los planos del proyecto o las ordenadas por el Interventor.

### **640.3 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, ensayos, transportes, almacenamiento, corte, desperdicios, doblamiento, limpieza, colocación y fijación del refuerzo y por toda mano de obra, materiales, patentes, equipos e imprevistos necesarios para terminar correctamente el trabajo, de acuerdo con los planos, con esta especificación y con las instrucciones del Interventor.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

El precio unitario deberá incluir, también, todos los costos por concepto de elaboración de listas de despiece y diagramas de doblado cuando ellos no hayan sido suministrados, por el suministro e instalación de abrazaderas, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el refuerzo en su sitio, así como los de la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá lugar a pago separado por el acero de refuerzo para concreto colocado con el propósito de reemplazar estructuras de concreto que se deterioren o queden defectuosas o en el concreto que el Constructor haya utilizado para su conveniencia con o sin autorización del Interventor. Tampoco se pagará por separado el acero cuyo pago se haya estipulado en otras unidades de obra del Contrato, ni por los trabajos de soldadura que se autoricen para uniones soldadas en reemplazo de uniones traslapadas.

#### **640.4 ÍTEM DE PAGO**

640.1 Acero de refuerzo  $f_y=420$  Mpa  
640.2 Malla de refuerzo  $f_y=420$  Mpa

**Kilogramo (kg)**  
**Kilogramo (kg)**

## **661 ARTÍCULO 661 TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO**

### **661.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubería de concreto reforzado, con los diámetros, armaduras, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos del proyecto o acordados ordenados con el Interventor; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de éstas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas, y la remoción y disposición de los materiales sobrantes.

### **661.2 MATERIALES**

#### 661.2.1 Tubería

La tubería que suministre el Constructor deberá cumplir los requisitos de la norma NTC 401. La clase de tubería y su diámetro interno, se deberán indicar en los planos del proyecto. Los extremos de los tubos y el diseño de las juntas deberán ser tales, que se garantice un encaje adecuado entre secciones continuas, de manera que brinden un conducto continuo y libre de irregularidades en la línea de flujo.

Los requisitos de resistencia al agrietamiento y rotura que deben cumplir los tubos son los especificados en la norma NTC 401.

#### 661.2.2 Material para solado y atraque

Los materiales para el solado, atraque y relleno de la zanja serán los indicados en los documentos del proyecto. Los suelos, materiales de recebo, materiales granulares tipo SBG y BG, gravilla y arena que se utilicen deberán cumplir con lo indicado en el Artículo 610 "Rellenos para estructuras" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 610.2, sub-numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.5 y 610.2.6, respectivamente.

El tamaño máximo del material para solado y atraque de los tubos no será mayor que 25 mm (1") y el material para rellenos alrededor del tubo no será mayor que 75 mm (3"). El tamaño máximo del material no será mayor que la mitad del espesor de la capa compactada.

Si los documentos del proyecto indican que el solado y/o el atraque para la tubería se ejecuten en concreto simple, éste se elaborará según lo especificado en el Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); la resistencia mínima a la compresión, si los documentos del contrato no indican otra cosa, será de 14 MPa a 28 días, medida según la norma de ensayo INV E- 410.

#### 661.2.3 Sello para juntas

Las juntas para las uniones de los tubos se sellarán con empaques flexibles que cumplan la especificación AASHTO M 198 y/o la norma NTC 1328, con mortero o con lechada de cemento. Si se emplea mortero, éste deberá ser una mezcla volumétrica de una (1) parte de cemento hidráulico y tres (3) de arena aprobada, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable.

### 661.1 EQUIPO

Se requieren, principalmente, elementos para la producción de agregados pétreos y fabricación y curado de la mezcla de concreto, conforme se indica en el numeral 630.3 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); herramientas adecuadas para la correcta colocación del refuerzo; moldes para la fabricación de los tubos y equipos para su transporte y colocación en el sitio de las obras.

### 661.2 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 661.2.1 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería

La preparación de las condiciones de instalación de la tubería se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.1 del Artículo 660 “Tubería de concreto simple” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 661.2.2 Colocación del material de solado para la tubería

La colocación del material de solado para la tubería se llevará a cabo según con lo indicado en el numeral 660.4.2 del Artículo 660 “Tubería de concreto simple” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 661.2.3 Colocación de la tubería

La colocación de la tubería se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.3 del Artículo 660 “Tuberías de concreto simple” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 661.2.4 Juntas

Para la elaboración de las juntas, aplican las indicaciones del numeral 660.4.4 del Artículo 660 “Tuberías de concreto simple” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 661.2.5 Atraque

La colocación del material de atraque para la tubería se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.5 del Artículo 660 “Tuberías de concreto simple” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 661.2.6 Rellenos

Para la ejecución de los rellenos, aplican las indicaciones del numeral 660.4.6 del Artículo 660 “Tuberías de concreto simple” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 661.2.7 Limpieza

Terminados los trabajos, el Constructor deberá limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el Interventor y de acuerdo con procedimientos aprobados por éste.

#### 661.2.8 Manejo ambiental

Todas las labores y trabajos que se lleven a cabo se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

### **661.3 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 661.3.1 Controles

Se adelantarán los mismos controles generales indicados en el numeral 660.5.1 del Artículo 660 “Tuberías de concreto simple” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## 661.3.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

### 661.3.2.1 Calidad de la tubería

Los tubos de concreto reforzado deben cumplir con los criterios de aceptación establecidos en la norma NTC-401.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de tubos que presenten:

- Fracturas o grietas que atraviesen la pared, excepto una grieta en el extremo que no exceda el espesor de la junta.
- Defectos que indiquen dosificación, mezcla o moldeos inadecuados.
- Defectos superficiales tales como hormigueros o textura abierta.
- Extremos dañados que impidan la construcción de juntas aceptable.
- Cualquier grieta continua que tenga un ancho superficial de tres décimas de milímetro o mayor ( $\geq 0.3$  mm) y se extienda por una longitud de trescientos milímetros o más ( $\geq 300$  mm), independientemente de su posición en el tubo.

El Constructor deberá suministrar, sin costo para el Instituto Nacional de Vías, el número requerido de tubos para los ensayos, los cuales serán elegidos al azar y corresponderán a tubos que no serían rechazados bajo las exigencias de esta especificación. El número de tubos no excederá del dos por ciento (2 %) del total necesario en la obra para cada diámetro.

El Constructor deberá presentar al Interventor una certificación con los resultados de los ensayos de calidad efectuados por el fabricante al lote de tubos del cual forman parte los suministrados a la obra. Esta certificación en ningún caso será motivo suficiente para la aceptación de dichos tubos por parte del Interventor.

Los tubos se someterán al ensayo de resistencia al aplastamiento según la norma de ensayo NTC 3676 y la carga necesaria para producir una grieta de tres décimas de milímetro (0.3 mm) o la carga última, no podrá ser inferior a la prescrita en la tabla que corresponda de la especificación AASHTO M 170M y/o NTC 401 para cada una de las clases existentes. La tubería será aceptable bajo los ensayos de resistencia, si todos los tubos probados cumplen los requisitos. En caso contrario, el Constructor, a su costa, suministrará para reensayo dos (2) tubos adicionales por cada tubo que haya fallado y la tubería

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

se considerará aceptable solamente cuando todos los tubos reensayados cumplan los requisitos de resistencia.

De cada tubo satisfactorio por resistencia se tomará una muestra para el ensayo de absorción según la norma NTC 3676, la cual deberá tener una masa mínima de un kilogramo (1 kg), estará libre de astillamientos y grietas visibles y representará el espesor total del tubo. Si ningún valor de absorción excede de nueve por ciento (9 %), el lote se considerará satisfactorio. Si la absorción de algún tubo supera dicho límite, se tomará otra muestra del mismo tubo y su resultado reemplazará al anterior. Si el valor vuelve a superar el límite admisible, se rechazará el lote representado por el conjunto de tubos ensayados.

Los tubos que hayan sido sometidos solamente al ensayo de la formación de la grieta de 0.3 mm y que satisfagan los requisitos a la carga de grieta de 0.3 mm, se deben aceptar para el uso. Para tal efecto, el fabricante deberá suministrar al Constructor el protocolo de prueba correspondiente.

En adición a las pruebas anteriores, y en el evento de que los tubos sean fabricados directamente en la obra en instalaciones adecuadas para ello, la calidad de la mezcla de concreto elaborada se evaluará según lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Si la resistencia de los cilindros de concreto elaborados en la obra no cumple con los criterios de aceptación del citado numeral, se podrán tomar núcleos de paredes de los tubos representados por dicho concreto, si la armadura lo permite, y la resistencia de cada núcleo deberá ser por lo menos igual a la de diseño. Si algún núcleo no satisface este requisito, se tomará otro del mismo tubo y se repetirá la prueba. Si el resultado de ésta tampoco es satisfactorio, o si la armadura no permite tomar los cilindros, se rechazará el tubo.

Los orificios que dejen los núcleos en los tubos finalmente aceptados, deberán ser rellenados y adecuadamente sellados, sin costo para el Instituto Nacional de Vías, de manera tal, que la sección y el aspecto del tubo resulten satisfactorios para el Interventor.

### 661.3.2.2 Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto reforzado

Las tolerancias permitidas se indican en la Tabla 40 Tubos que presenten variaciones localizadas de espesor de pared, en exceso de las recién mencionadas, se aceptarán si cumplen las exigencias de resistencia al aplastamiento y mínima cobertura del refuerzo, de acuerdo con los requisitos de la norma NTC 401.

### 661.3.2.3 Tolerancias en el refuerzo

#### 661.3.2.3.1 Posición

La máxima variación admisible en la posición del refuerzo, será el mayor valor entre más o menos diez por ciento ( $\pm 10\%$ ) del espesor de diseño de la pared o más o menos trece milímetros ( $\pm 13\text{ mm}$ ). Sin embargo, se aceptarán tubos por fuera de esta tolerancia si las muestras representativas de ellos han satisfecho el ensayo de resistencia al aplastamiento. No obstante, en ningún caso se aceptarán tubos cuya armadura tenga un recubrimiento inferior a trece milímetros (13 mm) en la pared interna o en la externa, excepto, en la superficie de acople en las juntas.

Tabla 40 Tolerancias permitidas en las dimensiones de los tubos de concreto reforzado.

DIÁMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	VARIACION (+ ó -) PERMITIDA EN DIÁMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	VARIACION (+ ó -) PERMITIDA EN ESPESOR DE PARED (mm)	DISMINUCION PERMITIDA EN LONGITUD DEL TUBO (mm)	VARIACIÓN PERMITIDA EN LA LONGITUD DE DOS LADOS OPUESTOS DEL TUBO
600	1.5 %	El valor que resulte mayor entre 5 % del espesor de pared especificado o de diseño y 5 mm.	No deberá ser superior a 10 mm por metro de longitud de tubo con un máximo total de 13 mm para cualquier longitud de	No deberá ser superior a 6 mm para tuberías de 600 mm de diámetro, y no más de 10 mm por metro de longitud para los diámetros mayores, hasta un valor máximo de 16 mm en

DIÁMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	VARIACION (+ ó -) PERMITIDA EN DIÁMETRO NOMINAL INTERNO (mm)	VARIACION (+ ó -) PERMITIDA EN ESPESOR DE PARED (mm)	DISMINUCION PERMITIDA EN LONGITUD DEL TUBO (mm)	VARIACIÓN PERMITIDA EN LA LONGITUD DE DOS LADOS OPUESTOS DEL TUBO
685 a 3650	1.0 %	mayores a los requeridos en el diseño no serán	tubo. Todo con respecto de la longitud de tubo	cualquier longitud de tubo de hasta 2150 mm de diámetro interno; y un máximo de 19 mm para diámetros internos
		causa de rechazo de los tubos.	especificada por el fabricante.	mayores.

Nota: Para diámetros diferentes, se deberá consultar la Tabla 6 de la especificación AASHTO M 170M.

#### 661.3.2.3.2 Área de refuerzo

Se considerará que el refuerzo satisface los requerimientos de diseño si el área, computada sobre la base del área nominal de las varillas empleadas, iguala o excede los requerimientos de la respectiva tabla de diseño de la especificación AASHTO M 170M y/o la norma NTC 401.

Cuando se usen canastas interior y exterior, el diseño de la canasta interior puede tener, como mínimo, el ochenta y cinco por ciento (85 %) del área de diseño elíptica, y la canasta exterior el sesenta y cuatro por ciento (64 %) de la misma, siempre y cuando la suma de las dos (2) áreas no resulte inferior al ciento cincuenta y tres por ciento (153 %) del área de diseño elíptica.

#### 661.3.2.4 Material de solado y atraque

En relación con la calidad y compactación de los materiales para solado, atraque y relleno diferentes al concreto, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 600.5.2.1 y 610.5.2.2.1 del Artículo 610 “Rellenos para estructuras” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 661.3.2.5 Concreto para solado y atraque

En relación con la calidad de los materiales para la mezcla, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.4

del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

En relación con la calidad de la mezcla elaborada, se aplicará lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del mismo Artículo. Por lo tanto, si la resistencia de los cilindros tomados en la obra no es satisfactoria, el Interventor rechazará el volumen del concreto correspondiente y el Constructor deberá demoler la obra ejecutada, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados y mediante procedimientos satisfactorios para el Interventor y reconstruirá el área afectada con una mezcla satisfactoria, operaciones que deberá realizar sin costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías.

El Interventor no autorizará la colocación del concreto para solado si la superficie de apoyo no se encuentra correctamente preparada.

#### 661.3.2.6 Calidad del producto terminado

La tubería será objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento superiores a diez milímetros por metro (10 mm/m).

El Interventor tampoco aceptará los trabajos si, a su juicio, las juntas están deficientemente elaboradas.

Todos los materiales defectuosos y los desperfectos en los trabajos ejecutados deberán ser reemplazados y subsanados por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

#### **661.4 MEDIDA**

La unidad de medida de la tubería será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería de concreto simple suministrada y colocada de acuerdo con los planos, esta especificación y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INVE-823.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la

pendiente de la tubería. No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites autorizados por el Interventor.

## **661.1 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato, según el diámetro interno de la tubería, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto del suministro de los materiales requeridos para construir los tubos, incluido el acero de refuerzo, la elaboración y curado de los tubos, su transporte y correcta colocación; el suministro de los materiales requeridos para las juntas y la elaboración de éstas; las conexiones de cabezales, cajas de entrada y aletas; el suministro e instalación de los entibados que puedan requerirse; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de las obras; la limpieza de la zona de los trabajos; el transporte y la disposición de los materiales sobrantes y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se exceptúan los costos de desmonte y limpieza, los cuales se cubrirán con cargo al Artículo 200 “Desmonte y limpieza” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); los de excavación, los cuales se deberán considerar en el Artículo 600 “Excavaciones varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), los de rellenos de solado, atraque y relleno de zanja, que se cubrirán con cargo los Artículos 610 “Rellenos para estructuras” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) o Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), según aplique; y los de la construcción de cabezales, cajas de entrada y aletas, los cuales quedarán cubiertos por los Artículos 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y Artículo 640 “Acero de refuerzo” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **661.2 ÍTEM DE PAGO**

661.1 Tubería de concreto reforzado de 900 mm de diámetro **Metro lineal (m)**

## **663 ARTÍCULO 663 TUBERÍA DE PLÁSTICO**

### **663.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tuberías de plástico, del tipo y con los diámetros, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos del proyecto u ordenados por el Interventor; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de éstas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas y la remoción y disposición del material sobrante.

### **663.1 MATERIALES**

#### 663.1.1 Tubería

La tubería y los accesorios serán del tipo y las características indicadas en los planos y demás documentos del proyecto; deberán estar de acuerdo con alguna de las siguientes normas:

- NTC-5055 (ASTM F 794): Tubos y accesorios de poli (cloruro de vinilo) (PVC) perfilados para uso en alcantarillado por gravedad, controlados por el diámetro interno;
- NTC 5070 (ASTM F 2307): Tubos y accesorios de poli (cloruro de vinilo) (PVC) fabricados con perfil cerrado para uso en alcantarillado, controlados por el diámetro interior;
- ASTM F 949: Poly (Vinyl Chloride) (PVC) corrugated sewer pipe with a smooth interior and fittings.
- ASTM F 667: large diameter corrugated polyethylene pipe and fittings;
- ASTM F 714: Polyethylene (PE) plastic pipe (SDR-PR) based on outside diameter;
- ASTM F 894: Based on controlled inside diameter polyethylene (PE) large diameter profile wall sewer and drain pipe;

#### 663.1.2 Sello de juntas

Salvo que los documentos del contrato indiquen otra cosa, las juntas deberán ser impermeables con sello de elastómero flexible, según la norma ASTM D 3212.

### 663.1.3 Materiales de relleno

Los materiales para el solado, atraque y relleno de la zanja serán los indicados en los documentos del proyecto. Los suelos, materiales de recebo, materiales granulares tipo SBG y BG, gravilla y arena que se utilicen deberán cumplir con lo indicado en el Artículo 610 “Rellenos para estructuras” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 610.2, sub-numerales 610.2.1, 610.2.2, 610.2.3, 610.2.5 y 610.2.6, respectivamente. La selección de los materiales para cada una de las partes del relleno de la zanja deberá hacerse siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D 2321.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, el tamaño máximo de los materiales de solado y atraque deberá ser 20mm (3/4”) y el de los demás materiales que queden en contacto con el tubo deberá 40mm (1 1/2”).

### 663.1 EQUIPO

Se requieren básicamente equipos para el transporte de la tubería y su colocación en el sitio de las obras.

### 663.2 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 663.2.1 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería

La preparación de las condiciones de instalación de la tubería se hará de acuerdo con lo indicado en el numeral 660.4.1 del Artículo 660 “Tubería de concreto simple” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 663.2.2 Colocación del material de solado para la tubería

El material de cama o base que servirá de apoyo a la tubería será granular, con las características que se indiquen en los planos y documentos del proyecto. Este material se colocará antes de la instalación de la tubería.

El material de solado se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en Artículo 610 “Rellenos para estructuras” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 610.5.2.2.1, salvo que, en el caso de gravilla o arena, los documentos del proyecto indiquen que este material se deba colocar en estado suelto. El espesor de las capas para construir el solado será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo.

### 663.2.3 Colocación de la tubería

La tubería se instalará siguiendo las instrucciones del fabricante. La tubería se colocará en forma ascendente, comenzando por el lado de salida y con los extremos acampanados o de ranura dirigidos hacia el cabezal o caja de entrada de la obra. Antes de instalar la tubería dentro de la zanja, se deberán inspeccionar y limpiar las uniones.

El fondo de la tubería se deberá ajustar a los alineamientos y cotas señalados en los planos del proyecto. Cada tramo de tubo deberá quedar completamente soportado y se deberán verificar su alineamiento y cotas antes de colocar el siguiente tramo.

En las instalaciones múltiples de tubería, la línea central de cada una deberá ser paralela a las demás. Si los planos no indican otra cosa, la distancia libre entre dos (2) líneas de tubería deberá ser igual a medio (1/2) diámetro, pero no menos de seiscientos milímetros (600 mm).

### 663.2.4 Juntas

Las juntas se ejecutarán siguiendo las instrucciones del fabricante. Se deberán limpiar todas las partes de la junta, incluyendo material de sello flexible. Antes de insertar el nuevo tubo al que ya se encuentra instalado, estos se deberán alienar; el empuje para la inserción deberá hacerse con presión constante, protegiendo el tubo que se empuja con madera o algún elemento similar para prevenir que el equipo de empuje cause algún deterioro.

### 663.2.5 Relleno de atraque

El material de atraque que le dará soporte a la parte inferior de tubo, en sus costados, será granular, con las características que se indiquen en los planos y documentos del proyecto.

El material de atraque se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en Artículo 610 "Rellenos para estructuras" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 610.5.2.2.1. El espesor de las capas para construir el atraque será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo; el avance del relleno de atraque deberá ser parejo a ambos lados del tubo para evitar el desplazamiento del

mismo. La compactación del material de atraque debe lograr que el tubo quede totalmente apoyado, sin vacíos o zonas de baja densidad.

#### 663.2.6 Rellenos laterales y superiores

Los rellenos laterales se deberán ejecutar con los materiales y grados de compactación mostrados en los planos; los rellenos deben avanzar en capas de espesor no mayor que quince centímetros (15 cm), a ambos lados del tubo, sin que se presenten diferencias de altura superiores a quince centímetros (15cm) entre ellos.

El relleno seguirá avanzando lentamente de la misma manera hasta cubrir el tubo con un espesor no menor de treinta centímetros (30 cm).

El material de relleno se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en Artículo 610 “Rellenos para estructuras” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 610.5.2.2.1. El espesor de las capas para construir el relleno será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor del mismo.

#### 663.2.7 Limpieza

Terminados los trabajos, el Constructor deberá limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el Interventor, de acuerdo con procedimientos aprobados por éste.

#### 663.2.8 Manejo ambiental

Todas las labores y trabajos que se lleven a cabo se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

### **663.3 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 663.3.1 Controles

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado de funcionamiento de equipo de construcción;
- Comprobar que los tubos y demás materiales y mezclas por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación;
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado;
- Verificar que el alineamiento y pendiente de la tubería estén de acuerdo con los requerimientos de los planos;

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Constructor.

#### 663.3.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### 663.3.2.1 Calidad de la tubería

Los tubos de plástico deben cumplir con los criterios de aceptación establecidos en la norma aplicable de las mencionadas en el numeral 663.2.1, según el tipo de tubo.

##### 663.3.2.2 Materiales de relleno

En relación con la calidad y compactación de los materiales para solado, atraque y relleno diferentes al concreto, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 600.5.2.1 y 610.5.2.2.1 del Artículo 610 “Rellenos para estructuras” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

##### 663.3.2.3 Calidad del producto terminado

La tubería será objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento de más de diez milímetros por metro de longitud (10 mm/m).

El Interventor tampoco aceptará los trabajos si, a su juicio, las juntas están deficientemente elaboradas.

Todos los materiales defectuosos y los desperfectos en los trabajos ejecutados deberán ser reemplazados y subsanados por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

## **663.4 MEDIDA**

La unidad de medida de la tubería será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería de plástico suministrada y colocada de acuerdo con los planos, esta especificación y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería. No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites autorizados por el Interventor.

## **663.1 FORMA DE PAGO**

El pago se hará a los precios unitarios del Contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos por concepto de suministro en el lugar de los tubos y su instalación; el suministro de los demás materiales requeridos para las juntas y conexiones; la ejecución de las juntas; las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas; el suministro e instalación de los entibados que puedan requerirse; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de las obras; la limpieza de la zona de los trabajos; el transporte, disposición de los materiales sobrantes y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se exceptúan los costos de desmonte y limpieza, los cuales se cubrirán con cargo al Artículo 200 “Desmonte y limpieza” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); los de excavación, los cuales se deberán considerar en el Artículo 600 “Excavaciones varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), los de rellenos de solado, atraque y relleno de zanja, que se cubrirán con cargo al Artículos 610 “Rellenos para estructuras” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); y los de la construcción de cabezales, cajas de entrada y

aletas, los cuales quedarán cubiertos por los Artículos 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y Artículo 640 “Acero de refuerzo” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **663.2 ÍTEM DE PAGO**

663.1 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S8 de diámetro 160 mm  
**Metro lineal (m)**

663.2 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S8 de diámetro 250 mm  
**Metro lineal (m)**

663.3 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S8 de diámetro 315 mm  
**Metro lineal (m)**

663.4 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S4 de diámetro 315 mm  
**Metro lineal (m)**

663.5 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S8 de diámetro 400 mm  
**Metro lineal (m)**

663.6 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S8 de diámetro 450 mm  
**Metro lineal (m)**

663.7 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S8 de diámetro 500 mm  
**Metro lineal (m)**

663.8 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S4 de diámetro 24" **Metro lineal (m)**

663.9 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S4 de diámetro 27" **Metro lineal (m)**

663.10 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S4 de diámetro 30"  
**Metro lineal (m)**

663.11 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S4 de diámetro 33"  
**Metro lineal (m)**

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

663.12 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S4 de diámetro 36"  
**Metro lineal (m)**

663.13 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S4 de diámetro 39"  
**Metro lineal (m)**

663.14 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S4 de diámetro 42"  
**Metro lineal (m)**

663.15 Tubería de plástico tipo PVC (NOVAFORT) S4 de diámetro 45"  
**Metro lineal (m)**

## **663 ARTÍCULO 663-P TUBERÍA DE PLÁSTICO TIPO PVC PERFORADA**

### **663.1 DESCRIPCIÓN**

#### 663.1.1 Generalidades

Se refiere al suministro, transporte, almacenamiento e instalación de Tubosistemas NOVAFORT o tuberías de pared estructural de PVC con superficie interior lisa, la cual debe ser perforada cada 0.20 m por medio de taladro con broca de diámetro 5/8" y será colocada en los SUBDRENES CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR (Ítem 673.1-Artículo 673) en las zonas señaladas en los planos del proyecto. El trabajo incluye el suministro y colocación de tubos perforados, la construcción de juntas y de conexiones de la tubería perforada con pocetas, drenes y otros tubos.

Es objeto de esta especificación establecer los requisitos que deben cumplir las tuberías de pared estructural de PVC que recogen agua de los SUBDRENES CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR y entregan a los canales, pocetas o cualquier otro dispositivo de recolección. Fabricadas bajo la Norma Técnica Colombiana NTC 3722-3. La tubería deberá ser de sección circular, con longitud máxima para cada tubo de 6,00 m. La superficie interior de los tubos debe ser uniforme, libre de asperezas, muescas, desviaciones o irregularidades de cualquier tipo.

#### 663.1.2 Clasificación

Tubería de pared estructural.

### **663.2 MATERIALES**

Se utilizará el diámetro establecido según lo muestran los planos. Todas las tuberías NOVAFORT de pared estructural PVC-U debe ser fabricadas bajo la Norma Técnica Colombiana NTC 3722-3: Sistemas de tuberías plásticas para uso sin presión en drenajes y alcantarillados enterrados (o bajo tierra).

### **663.3 EQUIPO**

Se deberá contar con los equipos necesarios para su transporte, y taladro con broca 5/8" para perforación de 3 orificios en la parte superior de la tubería cada 0.20 metros, tal como se indica en los planos del proyecto, y se deberá

disponer de personal adecuado para la preparación y ubicación de las tuberías según los diseños propuestos y con el seguimiento de la INTERVENTORÍA.

#### **663.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Consultar recomendaciones de instalación contenidas en los catálogos del fabricante. Las tuberías se dispondrán en los sitios y de acuerdo con lo que se muestra en los planos. El Interventor exigirá al Constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada programación entre las actividades de vaciado de pocetas u otros dispositivos de recolección de aguas de manera que faciliten la disposición final dentro de éstos. Se deben inspeccionar los tubos antes de su ubicación para verificar que no existan daños notables o deformaciones excedidas. En ninguno de los casos se permitirá uniones en la tubería, deberá ser continua.

La tubería de pared estructural se puede ensamblar a mano, o con una barra y un bloque de madera sobre el tubo haciendo palanca. Nunca se debe golpear la tubería al instalarla. El análisis de precios unitarios para el valor de la tubería contempla los diferentes transportes a utilizar: Transporte vehicular y Transporte humano. El transporte en bestia de carga no debe ser considerado ya que este ocasiona daños en el material. Para su almacenamiento en la obra, la tubería debe soportarse horizontalmente en toda su longitud. Si se dejan a la intemperie, los tubos deberán cubrirse con polietileno o papel encerado.

#### **663.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles:

- Revisar de manera general los planos de detalles verificando los diámetros y tipo de material de tuberías.
- Disponer de una zona adecuada para almacenar la tubería, verificando las cantidades y calidades de los materiales a emplear, la interventoría podrá solicitar el cumplimiento de un lugar adecuado para almacenarlas. (Aclarar que la instalación deberá permitir un adecuado mantenimiento a la tubería.)
- Notificar a la interventoría el inicio y condiciones de ejecución de los trabajos.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

- La máxima deflexión recomendada en el largo plazo es de 7.5%, ASTM D3034, siempre que siga la recomendación de instalación de la ASTM D2321.

El Interventor aceptará el trabajo realizado donde las dimensiones y los lineamientos se ajusten a los requerimientos del proyecto y cuyos materiales y procedimientos de ejecución se realicen según lo prescrito en esta especificación.

### **663.6 MEDIDA**

El suministro e instalación de tubería de PVC se medirá tomando como unidad de medida el METRO LINEAL (ml). La longitud total de la tubería, para cada diámetro y/o cada tipo de tuberías NOVAFORT, se determinará contando los módulos instalados a satisfacción del INTERVENTOR y multiplicando el número resultante por la longitud efectiva de cada módulo según el catálogo de cada clase de tubería.

### **663.7 FORMA DE PAGO**

Los trabajos realizados para la construcción de Todas las tuberías NOVAFORT de pared estructural PVC-U se pagarán al CONTRATISTA al Precio Unitario escrito en el formulario de precios de la propuesta para este concepto. El suministro y la instalación de tuberías se pagarán al CONTRATISTA a los precios unitarios consignados en el formulario de precios del Contrato. Dichos precios serán la compensación total y única que reciba el CONTRATISTA por el suministro en obra de las tuberías; por la mano de obra, manejo de tuberías, perforación de la misma y demás trabajos relacionados con la instalación de tuberías; por la administración, imprevistos y utilidad del CONTRATISTA; y por todos los demás costos necesarios para entregar instaladas las tuberías de acuerdo con estas especificaciones y a satisfacción del INTERVENTOR.

### **663.8 ÍTEM DE PAGO**

663-P.3. Tubería de plástico tipo PVC perforada de diámetro 10" **Metro lineal (ml)**

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

663-P.4. Tubería de plástico tipo PVC norma RDE 11 Tipo 1 Grado 1 perforada de diámetro 8" **Metro lineal (ml)**

676-P.5 Tubería de plástico tipo PVC de diámetro 2" **Metro lineal (ml)**

676-P.7 Tubería de plástico tipo PVC perforada de diámetro 12" **Metro lineal (ml)**

## **663 ARTÍCULO 663-P.8 TUBERÍAS DE PLÁSTICO TIPO RIB STEEL PVC DE DIAMETRO 1600 MM CON PARED ESTRUCTURAL Y REFUERZO METALICO HELICOIDAL O SIMILAR**

### **663.1 DESCRIPCIÓN**

#### 663.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubería RIB STEEL PVC con pared estructural y refuerzo metálico helicoidal o similar, con los diámetros, armaduras, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos del proyecto o acordados ordenados con el Interventor; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de éstas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas, y la remoción y disposición de los materiales sobrantes.

### **663.2 MATERIALES**

#### 663.2.1 Tubería

La tubería RIB STEEL que suministre el Constructor deberá cumplir los requisitos de la norma NTC-369 (ASTM D-1784), cumpliendo con los requisitos establecidos en la NTC 4764 que tiene como antecedentes la norma DIN 16961 partes 1 y 2 y la norma ASTM F794 para uso en Alcantarillados. Adicionalmente deben cumplir con los requisitos establecidos en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS 2000. Igualmente cumple con los requisitos del Reglamento de tuberías del MAVDT expedido en la Resolución 1166 de 2006 y 1127 de 2007.

- Rigidez: PS 10: valores superiores a 10 psi cumpliendo con la norma NTC (ASTM F 794, DIN 16961 1 y 2)
- Rigidez: NUEVA SERIE PS 46: valores superiores a 46 psi cumpliendo con la norma NTC 4764 (ASTM F 794, DIN 16961 1 y 2)
- Rugosidad: Coeficiente de rugosidad, Manning  $n=0.009$
- Velocidad mínima: 0.45m/s
- Velocidad máxima: 10 m/s
- Unión: Sistema hermético de soldadura química
- Duración: 50 años bajo condición normal de uso y mantenimiento.

## 663.2.2 Cimentación.

Es importante aclarar que la tubería, al igual que todas las tuberías termoplásticas, es una tubería flexible y su comportamiento depende del material de atraque y el ancho de la zanja, y en menor proporción del tipo de cimentación que se utilice. La función primordial de esta es en realidad la de ofrecer un apoyo firme, continuo y homogéneo donde se pueda colocar convenientemente la tubería, retirando cualquier objeto extraño que pueda impedirlo. Así como permitir distribuir la resultante vertical de las cargas totales. La cimentación se debe elaborar colocando una capa continua de material selecto con un espesor mínimo de 10 cm, preferiblemente gravilla o triturado. Esto permite absorber o eliminar las irregularidades que siempre quedan en el fondo de la zanja al ejecutar su excavación. En caso de que se encuentre un material poco consistente en el fondo de la zanja, se recomienda sustituir por lo menos 20 cm, dependiendo de la magnitud del problema, con material granular hasta lograr una buena consistencia.

## 663.2.3 Material para solado o relleno inicial y atraque

Para la conformación de la zona de atraque preferiblemente se debe rellenar con materiales del tipo arena limpia bien gradada (SW), arena limpia mal gradada (SP) gravas bien o mal gradadas (GW y GP), piedra quebrada o cualquier subproducto de triturado entre 6 y 40 mm, teniendo en cuenta que el material y la manera en que se coloquen van a influir directamente en el comportamiento mecánico del sistema RIB STEEL – Suelo.

Si se trata de un material cohesivo o arena o mixto, la densificación va ser manual se deberá conformar capas de 15 cm aproximadamente. Si se emplea un compactador mecánico o saltarín las capas deben ser de 25 cm a 30 cm. Si se tratará de un material cohesivo se deben obtener consolidaciones del 95% del Próctor Modificado. Si se utiliza arena, gravilla de río o si se colocará piedra triturada se deberá acomodar el material homogéneamente hasta llegar a los niveles indicados en la Tabla 41, valor tabulado como (lo)

Tabla 41 Valores piedra triturada

Di (mm)	VALORES RECOMENDADOS (mm)		
	lb	lc	lo
>150=300	100	150	150
>300=450	100	200	150
>450=900	150	300	150
>900=1500	150	350	200

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

Di (mm)	VALORES RECOMENDADOS (mm)		
	Ib	Ic	Io
>1500=2000	150	0.25xDe	300

Se deberá continuar colocando, el relleno, capa por capa, en espesores y procesos según se explicó anteriormente, para conformar la zona de relleno inicial con material selecto alternando de un lado a otro y compactando cada capa de material

Cuando el material de excavación no contenga limo orgánico, material vegetal, desperdicios o escombros podrá utilizarse para la conformación de la zona de relleno inicial, previamente extrayendo los materiales con una granulometría superior 1  $\frac{3}{4}$ ".

El contenido de finos (porcentaje que pasa por el tamiz #200) deberá ser inferior al 25%, y el índice de plasticidad del material que pasa por el tamiz #40 será menor de 10%.

El espesor de cada capa depende principalmente del tipo material selecto y del equipo de densificación con que se cuente. Esto con el propósito de proporcionar una acomodación conveniente de sus partículas. Cuando se utilizan materiales como triturados o gravas gruesas, por ser muy fácil de acomodar genera un significativo ahorro en equipo mecánico y en mano de obra, con el consiguiente mejoramiento de los rendimientos. Paralelamente provee un conveniente drenaje subterráneo.

Para el caso en el cual la instalación no pueda cumplir con los rellenos mínimos deberá consultarse con el Departamento de Desarrollo y Soporte Técnico y así llegar a determinar el material de atraque.

#### 663.2.4 Relleno Final.

Es la zona sobre el tubo, conocida también como relleno final, el material utilizado frecuentemente para conformar esta zona es material seleccionado proveniente de la excavación. Este relleno se realiza en capas de 25 cm a 30 cm hasta llegar al nivel deseado, corrientemente se exige una densificación mínima de 90% de Próctor Estándar modificado.

Si en el trabajo de compactación se va a emplear un compactador de impacto (saltarín o canguro) se requiere tener cuidado al densificar la primera capa y

no pasar la plancha del compactador exactamente sobre la línea de centro del tubo. En las capas subsiguientes no se requiere tener cuidado.

#### 663.2.5 Unión de la tubería.

La unión que se practica entre los tubos se logra mediante fusión química utilizando cemento solvente de PVC lo que garantiza un sistema hermético, a la vez que impide la penetración de raíces que causaría obstrucción en los conductos. Las tuberías poseen en uno de sus extremos una banda de unión interna, la cual cumple la función de espigo, en su empalme tiene un refuerzo rectangular el cual debe ubicarse en la parte superior del tubo al instalarse

- Antes de realizar la unión, limpie el espigo y la campana con limpiador de PVC, como mecanismo para acondicionar la superficie. Rectifique la alineación de los tubos.
- Introduzca 1 cm el espigo en la campana. Aplique una capa uniforme de soldadura y proceda a empujar la tubería, conformando así una unión soldada hermética.
- La soldadura está disponible en dos presentaciones: uso normal y para instalaciones sumergidas, para esta última presentación debe solicitar mayor información con el Departamento de Desarrollo y Soporte Técnico

### 663.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 663.3.1 Colocación de la tubería.

Por su bajo peso este tipo de tubería puede ser colocada fácilmente sin tener que hacer uso de medios mecánicos.

Para bajar los tubos al fondo de la zanja, si ésta no es muy profunda, y si la tubería no tiene fleje metálico (diámetros de 475mm o menos), se puede hacer con solo dos personas, ayudadas con elementos como sogas planas para facilitar su movilización.

Para diámetros mayores o para tuberías a profundidades de más de 2,50 metros se recomienda el apoyo en la manipulación de una retroexcavadora liviana.

Usualmente con dos apoyos a los cuartos medios es suficiente aún para tuberías pesadas de longitud 6.00 m. Para amarrar e izar la tubería se pueden usar cuerdas planas tejidas (como las de remolque de autos) o bien cadenas de acero gruesas (eslabones de 6.35 mm o más).

Cuando es un tubo liviano (diámetros de 650 mm o menos) en una zanja de dos metros de profundidad o menos, puede colocarse una manila o lazo a cada extremo del tubo para luego bajarlo lentamente hasta el fondo de la excavación. Por ningún motivo use cadenas de eslabón pequeño ni cables metálicos para manipular tubería.

### 663.3.2 Instalación de la tubería

El óptimo comportamiento de las tuberías flexibles incluye respetar ciertos anchos de zanja mínimos. A continuación, se presenta un cuadro resumen de las dimensiones de la zanja para cada uno de los diámetros de acuerdo con nuestra experiencia en el análisis de los resultados de diferentes instalaciones, así como también los modelos de distribución de cargas y esfuerzos en los que se basa la tecnología de tuberías flexibles instalados en condiciones de zanja

Tabla 42 Dimensiones de zanja para cada diámetro

Di (mm)	VALORES RECOMENDADOS (mm)		
	lb (profundidad cimentación)	lc (distancia entre tubería y borde zanja)	lo (altura lleno sobre cota clave)
>150=300	100	150	150
>300=450	100	200	150
>450=900	150	300	150
>900=1500	150	350	200
>1500=2000	150	0.25xDe	300

- El objetivo está en lograr las mismas condiciones y grados de compactación en todo el contorno de la tubería. Estos valores pueden cambiar, disminuir o aumentar, de acuerdo con el criterio del diseñador (previo estudio de suelos), en circunstancias donde se utilizan técnicas especiales de construcción o donde los suelos naturales son sustituidos.
- En condiciones críticas tales como: profundidad y suelos de muy mala calidad, el ancho de la zanja (lc) se incrementará según las condiciones del sitio, hasta un máximo de dos veces el diámetro externo de la tubería. Anchos mayores no retribuyen beneficios adicionales en la respuesta estructural de la tubería. Es necesario aumentar el relleno sobre la corona del tubo (lo) cuando las cargas vivas están aplicadas a muy poca profundidad o muy cerca del relleno mínimo.

### 663.3.3 Manejo ambiental

Todas las labores y trabajos que se lleven a cabo se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

### 663.4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles:

- Revisar de manera general los planos de detalles verificando los diámetros y tipo de material de tuberías.
- Disponer de una zona adecuada para almacenar la tubería, verificando las cantidades y calidades de los materiales a emplear, la interventoría podrá solicitar el cumplimiento de un lugar adecuado para almacenarlas. (Aclarar que la instalación deberá para permitir un adecuado mantenimiento a la tubería.)
- Notificar a la interventoría el inicio y condiciones de ejecución de los trabajos.
- Parámetro máximo de deflexión con valores menores a 7.5% de acuerdo a ASTM D 3034

El Interventor aceptará el trabajo realizado donde las dimensiones y los lineamientos se ajusten a los requerimientos del proyecto y cuyos materiales y procedimientos de ejecución se realicen según lo prescrito en esta especificación.

### 663.5 MEDIDA

El suministro e instalación de tubería RIB STEEL se medirá tomando como unidad de medida el METRO LINEAL (ml). La longitud total de la tubería, para cada diámetro y/o cada tipo de tuberías RIB STEEL, se determinará contando los módulos instalados a satisfacción del INTERVENTOR y multiplicando el número resultante por la longitud efectiva de cada módulo según el catálogo de cada clase de tubería.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

## **663.6 FORMA DE PAGO**

Los trabajos realizados para la construcción de TUBERIAS RIB STEEL se pagarán al CONTRATISTA al Precio Unitario escrito en el formulario de precios de la propuesta para este concepto. El suministro y la instalación de tuberías se pagarán al CONTRATISTA a los precios unitarios consignados en el formulario de precios del Contrato. Dichos precios serán la compensación total y única que reciba el CONTRATISTA por el suministro en obra de las tuberías y accesorios requeridos para el correcto funcionamiento del sistema; por la mano de obra, manejo de tuberías y demás trabajos relacionados con la instalación de tuberías; por la administración, imprevistos y utilidad del CONTRATISTA; y por todos los demás costos necesarios para entregar instaladas las tuberías de acuerdo con estas especificaciones y a satisfacción del INTERVENTOR.

## **663.7 ÍTEM DE PAGO.**

676-P.8 Tubería RIB STEEL PVC con pared estructural y refuerzo metálico helicoidal o similar. **Metro lineal (ml)**

## **671 ARTÍCULO 671 CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO**

### **671.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción de cunetas de concreto prefabricadas o fundidas en el lugar. Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de las cunetas revestidas de concreto deberán ser las indicadas en los planos del proyecto u ordenadas por el Interventor.

En caso necesario, incluye también las operaciones de alineamiento, excavación, conformación de la sección, suministro del material de relleno necesario y compactación del suelo de soporte.

### **671.2 MATERIALES**

#### **671.2.1 Concreto para cunetas vaciadas in situ**

El concreto para la construcción de las cunetas vaciadas in situ será del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se hará según lo especificado en el Artículo 630, “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las cunetas vaciadas in- situ sin refuerzo y que no tienen la función de bermacuneta se construirán con concreto de 14 MPa de resistencia a la compresión a 28 días.

#### **671.2.2 Acero para cunetas vaciadas in situ**

Si los documentos del proyecto lo requieren, el acero de refuerzo para la construcción de las cunetas deberá cumplir lo estipulado en el Artículo 640 “Acero de refuerzo” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### **671.2.3 Piezas prefabricadas**

Las piezas prefabricadas deberán cumplir con norma NTC-4109 “Prefabricados de concreto. Bordillos, cunetas, topellantas”.

Cada pieza prefabricada tendrá una longitud no menor de un metro (1 m) y sus dimensiones serán las señaladas en los planos del proyecto, sobre las cuales se admiten las tolerancias que se indican en la Tabla 44.

Tabla 43 Tolerancia para las dimensiones de las piezas prefabricadas

DIMENSIÓN	TOLERANCIA (mm)
Espesor	± 2
Ancho	± 5
Longitud	± 5

#### 671.2.4 Material de relleno para el acondicionamiento de la superficie de apoyo

Todos los materiales de relleno requeridos para el adecuado soporte de las cunetas, serán seleccionados de los cortes adyacentes o de las fuentes de materiales, según lo establezcan los documentos del proyecto, y deberán cumplir con la condición de seleccionados, según el Artículo 220 “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 671.2.5 Sellante de juntas

Para el sello de las juntas transversales de las cunetas vaciadas en el lugar y todas las longitudinales entre el pavimento y la cuneta se empleará el material indicado en los documentos del proyecto, el cual podrá ser de uno de los siguientes tipos:

- Relleno premoldeado bituminoso, de acuerdo con la especificación AASHTO M 33.
- Relleno premoldeado no bituminoso, resiliente y no extruible, de los tipos I, II, o III de acuerdo con la especificación AASHTO M 33, a no ser que los documentos del proyecto establezcan otra cosa.
- Relleno premoldeado de fibra impregnada de bitumen, resiliente y no extruible, de acuerdo con la especificación AASHTO M 213.
- Sello premoldeado elastomérico para juntas, de acuerdo con la especificación AASHTO M 220.

#### 671.2.6 Juntas con mortero entre piezas prefabricadas de concreto

En el caso de cunetas con piezas prefabricadas, los documentos del proyecto pueden indicar que la unión entre ellas sea con mortero. El mortero estará formado por una (1) parte de cemento hidráulico y tres (3) partes, en masa, de agregado que cumpla los requisitos de la norma NTC 2240 y cuya granulometría se ajuste a lo indicado en la Tabla 45.

Tabla 44 Granulometría del agregado para mortero

TAMIZ (mm) U.S. Standard)	4.75	2.36	0.15	0.075
	No. 4	No. 8	No. 100	No. 200
% PASA	100	95-100	0-25	0-10

### 671.3 EQUIPO

Al respecto, es aplicable todo lo que resulta pertinente del numeral 630.3 del Artículo 630, “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). En caso de que el acondicionamiento de la superficie se efectúe con cargo al presente Artículo, se deberá disponer de elementos para su conformación, para la excavación, cargue y transporte de los materiales, así como equipos manuales de compactación.

### 671.1 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 671.1.1 Preparación de la superficie de apoyo

El Constructor deberá acondicionar la superficie de apoyo de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos del proyecto o establecidas por el Interventor.

Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad podrán incluir la excavación, el cargue, el transporte y la disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables, así como la conformación de los utilizables y el suministro, la colocación y la compactación de los materiales de relleno que se requieran para obtener la sección típica prevista.

cuenta no cumpla la condición de suelo tolerable, será necesario colocar una capa de suelo seleccionado según lo especificado en el Artículo 220, “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) de estas

especificaciones, mínimo de diez centímetros (10 cm) de espesor, convenientemente nivelada y compactada, de acuerdo con el mismo Artículo.

Durante la construcción de las cunetas se adoptarán las medidas oportunas para evitar erosiones y cambio de características de la superficie de apoyo. A estos efectos, el tiempo que la superficie de apoyo pueda permanecer sin revestir se limitará a lo imprescindible para la puesta en obra del concreto y, en ningún caso, será superior a ocho (8) días.

#### 671.1.2 Elaboración del concreto

El Constructor deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborarla con la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 630.4 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 671.1.3 Cunetas vaciadas in situ

##### 671.1.3.1 Colocación de formaletas para la construcción de cunetas vaciadas en obra

Sobre la superficie preparada, el Constructor instalará las formaletas de manera de garantizar que las cunetas queden construidas con las secciones y los espesores señalados en los planos u ordenados por el Interventor.

##### 671.1.3.2 Construcción de la cuneta

Previo retiro de cualquier materia extraña o suelta y con la superficie de apoyo debidamente preparada, ésta se humedecerá y se procederá a colocar el concreto comenzando por el extremo inferior de la cuneta y avanzando en sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor sea, como mínimo, diez centímetros (10 cm) o el señalado en los planos si este es mayor.

El concreto deberá ser consolidado y curado conforme a lo establecido en el Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numerales 630.4.10 y 630.4.15.

El Constructor deberá nivelar cuidadosamente las superficies expuestas para que la cuneta quede con las formas y dimensiones indicadas en los planos.

Las pequeñas deficiencias superficiales deberá corregirlas mediante la aplicación de un mortero de cemento de un tipo aprobado por el Interventor.

Tanto sí es fundida en sitio como si es prefabricada, la cuneta deberá quedar en permanente contacto en toda su área con el suelo de fundación.

#### 671.1.3.3 Remoción de las formaletas

Si las operaciones de campo están controladas por ensayos de resistencia a compresión de cilindros, la remoción de formaletas se realizará cuando se alcance la resistencia fijada en el diseño. En caso contrario, el Interventor establecerá el plazo para ello, el cual no podrá ser menor de cuarenta y ocho horas (48h).

#### 671.1.3.4 Curado

El curado de la cuneta de concreto fundida en el lugar se realizará atendiendo las instrucciones contenidas en el numeral 630.4.15 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 671.1.4 Cunetas de piezas prefabricadas

En el caso de que la cuneta se construya uniendo elementos prefabricados, no se aceptarán piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfectos o roturas. Para tal fin, el Constructor deberá garantizar que el transporte, el almacenamiento, el acopio y su manipulación sean adecuados, sin que las piezas sufran tensiones de más del cincuenta por ciento (50 %) de su resistencia característica en ese proceso.

Las piezas de las cunetas prefabricadas se deberán colocar perfectamente alineadas, tan próximas entre sí como sea posible, y con la rasante de la fundación a las cotas previstas. Las piezas se deben asentar firmemente sobre la superficie preparada, de manera que queden en contacto en toda su área con el suelo de fundación.

#### 671.1.5 Juntas

Durante la construcción de cunetas vaciadas in situ, se deberán dejar juntas de contracción a intervalos no mayores de tres metros (3 m) y con la abertura que indiquen los planos u ordene el Interventor. Sus bordes serán verticales y

normales al alineamiento de la cuneta. Cuando las cunetas se construyan adosadas a un pavimento rígido, las juntas deberán coincidir con las juntas transversales del pavimento.

En las uniones de las cunetas con las cajas de entrada de las alcantarillas se ejecutarán juntas de dilatación, cuyo ancho estará comprendido entre quince y veinte milímetros (15 - 20 mm). Después del curado del concreto, las juntas se deberán limpiar, colocando posteriormente los materiales de relleno, sellado y protección que figuren en el proyecto.

Las juntas verticales de unión de las piezas prefabricadas se deberán rellenar, cuidadosamente, con un mortero de las características señaladas en el numeral 671.2.6.

Las juntas longitudinales entre el pavimento y la cuneta se deberán rellenar con el producto sellante previsto en los planos, el cual deberá corresponder a uno de los tipos mencionados en el numeral 671.2.5. El empleo de un producto de otras características implicará la elaboración de una especificación particular.

#### 671.1.6 Limpieza final

Al terminar la obra y antes de la aceptación definitiva del trabajo, el Constructor deberá retirar del sitio de las obras todos los materiales excavados o no utilizados, desechos, sobrantes, basuras y cualquier otro elemento de similar característica, restaurando en forma aceptable para el Interventor toda propiedad pública o privada que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo, y dejando el lugar limpio y presentable. El material retirado se deberá depositar en un sitio aprobado por el Interventor.

#### 671.1.7 Limitaciones de la ejecución

Rigen las mismas indicadas en el numeral 630.4.18 del Artículo 630, "Concreto estructural" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 671.1.8 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de cunetas revestidas en concreto se deberán tomar considerando la protección del medio ambiente y

las disposiciones vigentes sobre el particular. Entre otros, se deberán atender los siguientes procedimientos:

- Todo material sobrante o proveniente de excavaciones deberá ser retirado de las proximidades de las cunetas, transportado y depositado en vertederos autorizados, donde no contamine cursos ni láminas de agua.
- En los puntos de desagüe se deberán disponer las obras de protección requeridas, de manera de evitar procesos de erosión.

## **671.2 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

### 671.2.1 Controles

En adición a los descritos en el numeral 630.5.1 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), el Interventor deberá exigir que la superficie de apoyo quede correctamente acondicionada, antes de colocar la formaleta y verter el concreto o colocar la cuneta prefabricada.

Para las cunetas prefabricadas se deberán comprobar, en el momento del recibo de las mismas, su geometría y sus dimensiones.

### 671.2.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

#### 671.2.2.1 Aspectos generales

El Interventor sólo aceptará cunetas cuya forma corresponda a la indicada en los planos y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en los planos o autorizadas por él por encima de las tolerancias indicadas en el presente Artículo.

Las juntas deberán encontrarse adecuadamente selladas con el producto aprobado, para que el interventor manifieste su conformidad con esta parte del trabajo.

El Interventor se abstendrá de aceptar cunetas terminadas con depresiones excesivas, traslajos desiguales o variaciones apreciables en la sección, que impidan el normal escurrimiento de las aguas superficiales. Las deficiencias superficiales de las cunetas vaciadas en el lugar que, a su juicio sean

pequeñas, serán corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el INVÍAS.

Se cuidará la terminación de las superficies, no permitiéndose irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), medidas con respecto a una regla de tres metros perfectamente alineada y derecha.

#### 671.2.2.2 Calidad del concreto

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4, respectivamente, del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), 2013).

En relación con la calidad de la mezcla, se aplicará lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del mismo Artículo, excepto lo pertinente a la ejecución de pruebas de carga a expensas del Constructor. En consecuencia, si en caso de discusión, la resistencia de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resulta satisfactoria, el Interventor rechazará las piezas o el tramo representado por dichos núcleos.

En el caso de las piezas prefabricadas, se impedirá su colocación y en el caso que la cuneta haya sido fundida en el lugar, el Constructor deberá demoler la obra ejecutada, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados y mediante procedimientos satisfactorios para el Interventor, y reconstruirá la cuneta en acuerdo al presente Artículo, operaciones que deberá realizar sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

#### 671.2.2.3 Cunetas vaciadas in situ

Para el concreto vaciado in situ, aplicarán las disposiciones del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), 2013), según se ha descrito en el numeral 671.5.2.2 del presente Artículo.

La tolerancia para el espesor es de un centímetro (1 cm) por defecto.

#### 671.2.2.4 Cunetas con piezas prefabricadas

Para las piezas prefabricadas, aplicarán las disposiciones de la norma NTC 4109. No se aceptarán piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfectos o roturas, o con dimensiones que no satisfagan las tolerancias indicadas en la Tabla 671 - 1.

### **671.3 MEDIDA**

#### **671.3.1 Cunetas vaciadas in situ**

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos o determinados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando el área por el espesor de construcción señalados en los planos u ordenados por el Interventor, en los tramos donde el trabajo haya sido aceptado por éste. Dentro de la medida se deberán incluir, también, los descoles y bajantes de agua revestidos en concreto, correctamente contruidos.

Se medirá por aparte el acero de refuerzo efectivamente colocado, en kilogramos (kg) con aproximación al entero, según los detalles de los planos. No se medirá para efectos de pago el acero constructivo (soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio).

#### **671.3.2 Cunetas de piezas prefabricadas**

En el caso de cunetas de piezas prefabricadas, la unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al entero, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos o determinados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El Interventor no autorizará el pago de trabajos efectuados por fuera de los límites especificados, ni el de cunetas cuyas dimensiones o resistencia sean inferiores a las de diseño.

#### **671.4 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de explotación, suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales apropiados de relleno necesarios para el acondicionamiento previo de la superficie; la elaboración, el suministro, la colocación y el retiro de formaletas cuando corresponda; la explotación de agregados, incluidos todos los permisos y derechos para ello; el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, su diseño, elaboración, descargue, transporte, entrega, colocación, vibrado y curado; la manufactura, el transporte, la entrega en obra y la correcta instalación de las piezas prefabricadas de concreto; la ejecución de las juntas, incluyendo el suministro y la colocación del material sellante; el suministro de materiales, la elaboración y la colocación del mortero requerido para las pequeñas correcciones superficiales y para la unión de las piezas prefabricadas; la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos; la limpieza final del sitios de las obras; todo equipo y mano de obra requeridos para la elaboración y terminación de las cunetas y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Solamente habrá pago separado, si se requiere, por concepto del suministro y colocación del acero de refuerzo en las cunetas vaciadas in situ, actividad que se pagará bajo el Artículo 640 “Acero de refuerzo” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

En relación con la conformación de la superficie de apoyo, se considera cubierta por el Artículo 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), o por el Artículo 310, “Conformación de la calzada existente” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS),

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

2013) y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por dicho concepto, salvo que una o ambas actividades no estén comprendidas en el mismo contrato, caso en el cual su costo se deberá incluir dentro del precio unitario de la cuneta revestida en concreto. En el caso de los descoles, la preparación de la superficie quedara cubierta por el Artículo 600 “Excavaciones Varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **671.5 ÍTEM DE PAGO**

671.3 Cuneta de concreto fundida in situ; incluye conformación de la superficie de apoyo **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

## **671 ARTÍCULO 671-P CUNETAS EN PIEDRA PEGADA**

### **671.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción de cunetas de concreto prefabricadas o fundidas en el lugar. También incluye las operaciones de alineamiento, excavación, conformación de la sección, suministro del material de relleno necesario y compactación del suelo de soporte. Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de las cunetas revestidas de concreto deberán ser las indicadas en los planos del proyecto u ordenadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Este Artículo se refiere a la construcción de cunetas de concreto simple. Cuando el proyecto contemple la construcción de cunetas de concreto reforzado, se deberá elaborar una especificación particular.

### **671.2 MATERIALES**

#### **671.2.1 Concreto**

El concreto para la construcción de las cunetas revestidas, sea que estas se fundan en el sitio o sean prefabricadas, será de tipo clase D (21MPa) especificado en el Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### **671.2.2 Material de llenado - piedras**

El material de llenado podrá consistir en piedras o rocas de canto rodado o de cantera; las piedras deberán ser duras y durables, no susceptibles a desintegración por la exposición al agua o a la intemperie. Deberán estar razonablemente libres de materia orgánica; el tamaño máximo de la piedra deberá ser de 12 cm.

#### **671.2.3 Geomembrana**

La Geomembrana pueden ser de polietileno blanco o de papel de curado, que cumplan con la especificación ASTM C 171, y deberá ubicarse separando la cuneta del terreno natural o como se indique en los planos del proyecto.

Tabla 45 Tolerancia para las dimensiones de las piezas prefabricadas

DIMENSIÓN	TOLERANCIA (mm)
Espesor	± 2
Ancho	± 5
Longitud	± 5

#### 671.2.4 Material de relleno para el acondicionamiento de la superficie

Todos los materiales de relleno requeridos para el adecuado soporte de las cunetas, serán seleccionados de los cortes adyacentes o de las fuentes de materiales, según lo establezcan los documentos del proyecto, y deberán cumplir con la condición de seleccionados, según el Artículo 220 “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 671.2.5 Sellante de juntas

Para el sello de las juntas transversales de las cunetas fundidas en el lugar y todas las longitudinales entre el pavimento y la cuneta se empleará el material indicado en los documentos del proyecto, el cual podrá ser de uno de los siguientes tipos:

- Relleno premoldeado bituminoso, de acuerdo con la especificación AASHTO M 33.
- Relleno premoldeado no bituminoso, resiliente y no exprimible, de los tipos I, II, o III de acuerdo con la especificación AASHTO M 33, a no ser que los documentos del proyecto establezcan otra cosa.
- Relleno premoldeado de fibra impregnada de bitumen, resiliente y no exprimible, de acuerdo con la especificación AASHTO M 213.
- Sello premoldeado elastomérico para juntas, de acuerdo con la especificación AASHTO M 220.

#### 671.2.6 Pegante entre piezas prefabricadas de concreto

En el caso de cunetas con piezas prefabricadas, la unión entre ellas se podrá efectuar con mortero, formado por una (1) parte de cemento Portland y tres (3) partes, en masa, de un agregado fino que cumpla los requisitos de la especificación AASHTO M 45 y cuya granulometría se ajuste a lo indicado en la Tabla 46.

Tabla 46 Granulometría del agregado fino para mortero

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
mm	ALTERNO	
4.75	No. 4	100
2.36	No. 8	95 –
0.150	No.	100
0.075	100	0 – 25
	No.	0 – 10
	200	

### 671.3 EQUIPO

Al respecto, es aplicable todo lo que resulta pertinente del numeral 11.3 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). En caso de que el acondicionamiento de la superficie se efectúe con cargo al presente Artículo, se deberá disponer de elementos para su conformación, para la excavación, cargue y transporte de los materiales, así como equipos manuales de compactación.

### 671.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 671.4.1 Acondicionamiento de la cuneta en tierra

El CONSTRUCTOR deberá acondicionar la cuneta en tierra, de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos del proyecto o establecidas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad podrán incluir la excavación, cargue, transporte y disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables, así como la conformación de los utilizables y el suministro, colocación y compactación de los materiales de relleno que se requieran, a juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, para obtener la sección típica prevista.

Cuando el terreno natural sobre el cual se vaya a colocar o construir la cuenta no cumpla la condición de suelo tolerable, será necesario colocar una capa de suelo seleccionado según lo especificado en el Artículo 220, “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) de estas especificaciones, mínimo de diez centímetros (10 cm), convenientemente nivelada y compactada, de acuerdo con el mismo artículo durante la construcción de las cunetas se adoptarán las medidas oportunas para evitar

erosiones y cambio de características en el lecho constituido para la cuneta en tierra. A estos efectos, el tiempo que el lecho pueda permanecer sin revestir se limitará a lo imprescindible para la puesta en obra del concreto y, en ningún caso será superior a ocho (8) días.

#### 671.4.2 Elaboración del concreto

El CONSTRUCTOR deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborarla con la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 11.4 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 671.4.3 Cunetas fundidas en el lugar

##### 671.4.3.1 Colocación de formaletas para la construcción de cunetas fundidas en obra

Acondicionadas las cunetas en tierra, el CONSTRUCTOR instalará las formaletas de manera de garantizar que las cunetas queden construidas con las secciones y espesores señalados en los planos u ordenados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

##### 671.4.3.2 Construcción de la cuneta

Previo el retiro de cualquier materia extraña o suelta que se encuentre sobre la superficie de la cuneta en tierra, se humedecerá la superficie de la cuenta en tierra y se procederá a colocar el concreto comenzando por el extremo inferior de la cuneta y avanzando en sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor sea, como mínimo, diez centímetros (10 cm) o el señalado en los planos si éste es mayor.

El concreto deberá ser compactado y curado conforme lo establece el Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

El CONSTRUCTOR deberá nivelar cuidadosamente las superficies expuestas para que la cuneta quede con las verdaderas formas y dimensiones indicadas en los planos. Las pequeñas deficiencias superficiales deberá corregirlas mediante la aplicación de un mortero de

cemento de un tipo aprobado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Tanto si es fundida en sitio como prefabricada, la cuneta deberá quedar en permanente contacto en toda su área con el suelo de fundación.

#### 671.4.3.3 Remoción de las formaletas

Si las operaciones de campo están controladas por ensayos de resistencia a compresión de cilindros, la remoción de formaletas se realizará cuando se alcance la resistencia fijada en el diseño. En caso contrario, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ establecerá el plazo para ello, el cual no podrá ser menor de cuarenta y ocho horas (48h).

#### 671.4.3.4 Curado

El curado de la cuneta de concreto fundida en el lugar se realizará atendiendo las instrucciones contenidas en Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 671.4.4 Juntas

Durante la construcción de cunetas fundidas en el lugar, se deberán dejar juntas de contracción a intervalos no mayores de tres metros (3 m) y con la abertura que indiquen los planos u ordene la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Sus bordes serán verticales y normales al alineamiento de la cuneta. Cuando las cunetas se construyan adosadas a un pavimento rígido, las juntas deberán coincidir con las juntas transversales del pavimento.

En las uniones de las cunetas con las cajas de entrada de las alcantarillas se ejecutarán juntas de dilatación, cuyo espesor estará comprendido entre quince y veinte milímetros (15 - 20 mm). Después del curado del concreto las juntas se deberán limpiar, colocando posteriormente los materiales de relleno, sellado y protección que figuren en el proyecto.

Las juntas longitudinales entre el pavimento y la cuneta deberán rellenarse con el producto sellante previsto en los planos. El empleo de un producto de otras características implicara la elaboración de una especificación particular.

#### 671.4.5 Limpieza final

Al terminar la obra y antes de la aceptación definitiva del trabajo, el CONSTRUCTOR deberá retirar del sitio de las obras todos los materiales excavados o no utilizados, desechos, sobrantes, basuras y cualquier otro elemento de similar característica, restaurando en forma aceptable para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ toda propiedad pública o privada que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo, y dejando el lugar limpio y presentable.

#### 671.4.6 Limitaciones en la ejecución

Rigen las mismas indicadas en el Artículo 630, “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 671.4.7 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de cunetas revestidas en concreto deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular. Entre otros, se deberán atender los siguientes procedimientos:

Todo material sobrante o proveniente de excavaciones deberá ser retirado de las proximidades de las cunetas, transportado y depositado en vertederos autorizados, donde no contamine cursos ni láminas de agua. En los puntos de desagüe se deberán disponer las obras de protección requeridas, de manera de evitar procesos de erosión.

### **671.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 671.5.1 Controles

En adición a lo Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ deberá exigir que las cunetas en tierra queden correctamente acondicionadas, antes de colocar la formaleta y verter el concreto o colocar la cuneta prefabricada.

Para las cunetas prefabricadas se deberán comprobar, en el momento del recibo de las mismas, su geometría y sus dimensiones.

## 671.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán según el Artículo 630, “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

En relación con la calidad de la mezcla, si en caso de discusión, la resistencia de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resulta satisfactoria, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ rechazará las piezas o el tramo representado por dichos núcleos.

En el caso de las piezas prefabricadas se impedirá su colocación y en el caso que la cuneta haya sido fundida en el lugar el CONSTRUCTOR deberá demoler la obra ejecutada, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados y mediante procedimientos satisfactorios para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, y reconstruirá la cuneta en acuerdo al presente Artículo, operaciones que deberá realizar sin costo alguno para el Aeropuerto del Café.

En cuanto a la calidad del producto terminado, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ sólo aceptará cunetas cuya forma corresponda a la indicada en los planos y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en los planos o autorizadas por él por encima de las tolerancias indicadas en el presente Artículo.

Se aceptará que exista en el espesor de una cuneta fundida en el lugar una tolerancia de un centímetro (1 cm) por defecto.

En relación con las juntas, éstas deberán encontrarse adecuadamente selladas con el producto aprobado, para que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ manifieste su conformidad con esta parte del trabajo.

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ se abstendrá de aceptar cunetas terminadas con depresiones excesivas, traslajos desiguales o variaciones apreciables en la sección, que impidan el normal escurrimiento de las aguas superficiales. Las deficiencias superficiales de las cunetas

fundidas en el lugar que, a su juicio sean pequeñas, serán corregidas por el CONSTRUCTOR, a su costa.

## **671.6 MEDIDA**

### **671.6.1 Cunetas fundidas en el lugar**

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos o determinados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El volumen se determinará multiplicando el área por el espesor de construcción señalada en los planos u ordenada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DE EL CAFÉ, en los tramos donde el trabajo haya sido aceptado por éste. Dentro de la medida se deberán incluir, también, los descoles y bajantes de agua revestidos en concreto, correctamente construidos.

Cuando el volumen medido de cuneta aceptada tenga una fracción mayor o igual a cinco centésimas de metro cúbico ( $\geq 0.05\text{m}^3$ ), la aproximación se realizará a la décima superior; en caso contrario, se aproximará a la décima inferior.

## **671.7 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación, y aceptada a satisfacción por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DELCAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de explotación, suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales apropiados de relleno necesarios para el acondicionamiento previo de la superficie; la elaboración, suministro, colocación y retiro de formaletas cuando corresponda; la explotación de agregados, incluidos todos los permisos y derechos para ello; el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, su diseño, elaboración, descargue, transporte, entrega, colocación, vibrado y curado; la manufactura, transporte, entrega en obra y correcta instalación de las piezas prefabricadas de concreto; la ejecución de las juntas, incluyendo el

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

suministro y colocación del material sellante; el suministro de materiales, elaboración y colocación del mortero requerido para las pequeñas correcciones superficiales y para la unión de las piezas prefabricadas; la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos; la limpieza final del sitios de las obras; todo equipo y mano de obra requeridos para la elaboración y terminación de las cunetas y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del CONSTRUCTOR.

En relación con la conformación de las cunetas en tierra, se considera cubierta por el Artículo 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), de estas especificaciones y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por dicho concepto, salvo que una o ambas actividades no estén comprendidas en el mismo contrato, caso en el cual su costo se deberá incluir dentro del precio unitario de la cuneta revestida en concreto. En el caso de los descoles, la preparación de la superficie quedará cubierta por el Artículo 600, “Excavaciones Varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **671.8 ÍTEM DE PAGO**

671-P.1 Suministro, transporte e instalación de cuneta en piedra pegada con concreto clase D 21 MPa **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

## **673 ARTÍCULO 673 GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR**

### **673.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la construcción de subdrenes con geotextil y material granular, en los sitios señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

La colocación de un geotextil en contacto con el suelo permite el paso del agua, a largo plazo, dentro del sistema de drenaje subsuperficial, reteniendo el suelo adyacente. Las características del geotextil para filtración serán función de la gradación del suelo del sitio y de las condiciones hidráulicas del mismo.

El presente Artículo establece los criterios y procedimientos para garantizar la calidad del geotextil y su supervivencia frente a los esfuerzos producidos durante la instalación, de conformidad con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

Si los documentos especifican el suministro e instalación de una capa de arena de filtro entre el suelo y el geotextil y/o la instalación de una tubería perforada dentro del material filtrante, estos aspectos deberán ser objeto de una especificación particular.

### **673.2 MATERIALES**

#### **673.2.1 Geotextil**

En general, se podrán emplear geotextiles cuyas fibras estén elaboradas a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del 95 % en masa de poliolefinas o poliéster; la misma composición aplica para los hilos de las costuras. Las fibras del geotextil deberán conformar una red estable que mantenga la estabilidad dimensional entre ellas, incluyendo los bordes.

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil serán los establecidos en los documentos del proyecto en función de las características y condiciones del mismo y los procedimientos de instalación, así como de la granulometría, de la plasticidad y de las condiciones hidráulicas del suelo.

En este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener el geotextil para aplicaciones rutinarias de separación y drenaje.

El geotextil escogido en el diseño deberá tener las siguientes características de comportamiento:

- Deberá tener la capacidad para dejar pasar el agua, a largo plazo, hacia el material drenante.
- Deberá retener las partículas de suelo en su sitio y prevenir su movimiento a través del geotextil.
- Si algunas partículas de suelo se mueven, el geotextil deberá dejarlas pasar sin que se obstruyan los poros del mismo o se forme una película que restrinja el paso del agua.

Se deberán usar geotextiles no tejidos o tejidos, siempre y cuando estos últimos no sean de hilos o cintas planas; dependiendo de las condiciones hidráulicas y del suelo, así como de la función definida en el diseño, podrá ser preferible usar uno u otro tipo de geotextil, para lo cual se deberán tener en cuenta las indicaciones dadas en la siguiente publicación:

- FHWA NHI-07-092, NHI Course No. 132013, Geosynthetic Design & Construction Guidelines (Guías para el diseño y construcción con geosintéticos)

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

## 673.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades de resistencia de los geotextiles dependen de los requerimientos de supervivencia y de las condiciones y de los procedimientos de instalación. Las propiedades mecánicas para condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 47 en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR).

Tabla 47 Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR (Medidas en el sentido más débil del geotextil)

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO (VMPR)	
		GEOTEXTIL ES TEJIDOS	GEOTEXTILES NOTEJIDOS
Elongación	D 4632	< 50%	≥ 50%
Resistencia a la tensión Grab (N), valor mínimo	D 4632	1100	700
Resistencia a la costura (N), valor mínimo	D 4632	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro (N), valor mínimo	D 6241	2200	1375
Resistencia al rasgado trapezoidal (N), valor mínimo (Nota 1)	D 4533	400	250

## 673.2.1.2 Propiedades hidráulicas y de filtración

Las propiedades hidráulicas y de filtración mínimas que deberá cumplir el geotextil se indican en la Tabla 48 en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR); estas propiedades están en función del contenido de finos (porcentaje de suelo que pasa el tamiz No. 200) del suelo que va a quedar en contacto con el geotextil.

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto podrán especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo ASTM D 4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo) y/o de ensayos de comportamiento basados en los diseños para sistemas de drenaje en condiciones de suelos problemáticos.

Se requerirán diseños particulares del geotextil para drenaje y filtración especialmente para las siguientes condiciones de suelos problemáticos: suelos inestables o altamente erosionables, tales como limos no cohesivos; suelos de gradación discontinua; suelos estratificados con alternancia de capas arenosas y limosas; suelos dispersivos o polvo de roca.

Tabla 48 Propiedades hidráulicas y de filtración mínimas del geotextil en términos de VMPR

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	PORCENTAJE DE SUELO PASA TAMIZ 0.075 mm (No. 200) (Nota 1)		
		< 15	15 a 50	> 50
		REQUISITO (VMPR)		
Permitividad, valor mínimo (s <sup>-1</sup> ). (Nota 3)	D 4491	0.5	0.2	0.1
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 3)	D 4751	0.43 (Tamiz No. 40)	0.25 (Tamiz No. 60)	0.22 (Tamiz No. 70) (Nota 2)
Estabilidad ultravioleta después de 500 h de exposición, valor mínimo	D 4355	50 %		

Nota 1: El porcentaje de suelo que pasa el tamiz No. 200 corresponde a la fracción de la granulometría (norma de ensayo INV E-123) del suelo aguas arriba del geotextil.

Nota 2: El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo. Para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a siete (7), el valor máximo promedio por rollo de tamaño de abertura aparente deberá ser de treinta centésimas de milímetro (0.30 mm).

Nota 3: Estos valores de las propiedades de filtración se basan en la granulometría predominante del suelo.

### 673.2.1.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos

de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

#### 673.2.2 Material granular drenante

Podrá provenir de la trituración de roca o ser de cantos rodados, o una mezcla de ambos, y estará constituido por fragmentos duros y resistentes a la acción de los agentes del intemperismo. Además, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

##### 673.2.2.1 Granulometría

El material drenante deberá estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de setenta y cinco milímetros (3") y el tamiz de diecinueve milímetros (3/4"). No se requiere ninguna gradación especial, permitiéndose el uso de fragmentos de un solo tamaño. Las partículas podrán ser angulares o redondeadas o una combinación de ellas.

##### 673.2.2.2 Calidad de las partículas minerales

El material deberá estar libre de partículas finas y de material orgánico. En la Tabla 50 se indican los requisitos que deberá cumplir el material granular para filtros.

##### 673.2.3 Material de cobertura

El material de cobertura para el subdrén deberá cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto; podrá ser material proveniente de la excavación; material impermeable, con contenido de finos (% que pasa el tamiz No. 200) mínimo de 35% e índice de plasticidad mínimo de 10 %; material de recebo (Artículo 610 "Rellenos para estructuras" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 610.2.2) o material granular tipo SBG

(Artículo 610 “Rellenos para estructuras” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 610.2.3).

Tabla 49 Requisitos del material granular drenante

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
<b>Dureza (O)</b>		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (%)	E-219	≤ 40
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	E-220	≤ 12 ≤ 18
- Sulfato de sodio (%)		
- Sulfato de magnesio (%)		
<b>Limpieza (F)</b>		
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	0.25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1.0
Contenido de materia orgánica (%)	E-121	0

### 673.3 EQUIPO

Se deberá disponer de los equipos necesarios para colocar el geotextil y para explotar, triturar, procesar, cargar, transportar, colocar y compactar el material drenante. También para colocar y compactar el material que sellará el filtro, así como para su explotación, trituración, procesamiento, cargue y transporte.

### 673.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 673.4.1 Generalidades

El Interventor exigirá al Constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada programación entre las actividades de apertura de la excavación y de construcción del subdrén, de manera que aquella quede expuesta el menor tiempo posible para evitar que el material in-situ alrededor de la excavación pierda sus condiciones iniciales.

Las labores de explotación de materiales y elaboración de agregados para el material drenante y material de cobertura diferente al material de excavación, se deberán ejecutar de acuerdo con lo establecido en el Artículo 105,

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

“Desarrollo y control de los trabajos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 105.13.3.

Será responsabilidad del Constructor la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la cual deberá ser visible durante las veinticuatro (24) horas del día.

#### 673.4.2 Preparación del terreno

La construcción del subdrén solo será autorizada por el Interventor cuando la excavación haya sido terminada, de acuerdo con las dimensiones, las pendientes, las cotas y las rasantes indicadas en los planos del proyecto o las ordenadas por el Interventor. La excavación se deberá ejecutar de acuerdo con lo indicado en el Artículo 600 “Excavaciones Varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 673.4.3 Condiciones normales de instalación del geotextil

El geotextil se deberá colocar cubriendo totalmente la parte inferior y las paredes laterales de la excavación, evitando que se produzcan arrugas y asegurando el contacto permanente con el suelo, sin que queden vacíos entre geotextil y suelo. Se deberá dejar por encima la cantidad de geotextil suficiente para que, una vez se acomode el material drenante, se cubra en su totalidad con un traslapo mínimo de treinta centímetros (0.30 m) o mediante la realización de una costura industrial. Los tramos sucesivos de geotextil se traslaparán longitudinalmente cuarenta y cinco centímetros (0.45 m) como mínimo y se deberá traslapar o coser el geotextil aguas arriba sobre el geotextil aguas abajo.

El Constructor deberá tener el suficiente cuidado durante el manejo e instalación del geotextil, de manera que éste no se contamine. Si el geotextil se contamina, el Constructor deberá removerlo y reemplazarlo con material nuevo, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días.

#### 673.4.4 Elaboración de costuras

Las costuras deberán cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo deberá ser kevlar, aramida, polietileno, poliéster o polipropileno. No se permitirán hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se permitirán aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en peso, de fibras naturales. Tampoco se permitirán costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada podrá ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada deberá ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 – 200) puntadas por metro lineal.
- La tensión del hilo se deberá ajustar en el campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies a coser. Si se hace la costura a mano, se deberán tener los cuidados necesarios para que, al pasar el hilo, el rozamiento no “funda” las fibras del geotextil.
- Dependiendo del tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se podrá realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.
- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo con la norma ASTM D 4632, deberá ser, como mínimo, el 90 % de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cociendo, medida de acuerdo a la misma norma de ensayo.

#### 673.4.5 Colocación del material granular drenante

El material drenante se colocará dentro de la zanja en capas con el espesor autorizado por el Interventor y empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la excavación. La compactación del material drenante se deberá realizar utilizando procedimientos apropiados, buscando el acomodamiento de las partículas y el contacto permanente y completo entre el geotextil y el suelo.

Para las condiciones normales de instalación, la altura máxima de caída del material no deberá exceder un metro (1 m).

El relleno de material drenante se llevará a cabo hasta la altura indicada en los planos o la autorizada por el Interventor.

#### 673.4.6 Cobertura del subdrén

Completado el relleno del subdrén con el material drenante, éste se cubrirá totalmente con el geotextil haciendo los traslajos o las costuras según los numerales 673.4.3 y 673.4.4 del Artículo 673 “Subdrenes con geotextil y material granular” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) .

El geotextil se cubrirá inmediatamente con el tipo de material especificado en los documentos del proyecto, que cumpla con los requisitos pertinentes entre los mencionados en el numeral 673.2.3.

El material de cobertura se colocará y compactará en capas sucesivas de espesor no mayor a quince centímetros (15 cm), hasta la altura requerida en los planos u ordenada por el Interventor. La densidad seca del material de cobertura, una vez compactado, deberá ser igual o mayor al noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado, según la norma INV E-142, corregida por la presencia de sobretamaños, si se requiere, según la norma de ensayo INV E-143.

#### 673.4.7 Control del tránsito

El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la permanente seguridad del tránsito de vehículos y equipos de construcción.

#### 673.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 673.4.9 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten en excavación de la zanja; en la extensión, en los traslajos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la colocación y compactación tanto del material drenante como de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

#### 673.4.10 Manejo ambiental

Todas las labores de fabricación de subdrenes con geotextil y material granular se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los documentos o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

### **673.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 673.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Constructor.
- Verificar que las excavaciones tengan las dimensiones y pendientes señaladas en los planos o las ordenadas por el Interventor, antes de iniciar la construcción del filtro.

- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos exigidos por la presente especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados durante el período de ejecución de la obra.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la elaboración y la colocación de los agregados, la colocación del geotextil y la colocación de la capa de cobertura del subdrén.
- Supervisar la correcta disposición de los materiales sobrantes en los sitios definidos para este fin.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y al material granular drenante. Los ensayos de control relacionados con el geotextil, se deberán hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759.
- El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

#### 673.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### 673.5.2.1 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como

los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en las Tablas 48 y 49. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor ni implica, necesariamente, la aceptación de la entrega.

Además, el Interventor deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m<sup>2</sup>) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m<sup>2</sup>).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 ml) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se determinará de conformidad con las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en las Tablas 48 y 49.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tablas 48 y 49. Por ningún motivo se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

de cobertura distintos al material de excavación

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se verificará su calidad y granulometría, según los requisitos indicados en los numerales 673.2.2 y 673.2.3 Artículo 673 “Subdrenes con geotextil y material granular” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). Los resultados deberán satisfacer las exigencias allí establecidas; si los materiales no cumplen con la totalidad de los requisitos serán rechazados.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y al mínimo especificados.

## **673.6 MEDIDA**

### **673.6.1 Geotextil**

La unidad de medida del geotextil será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado a la décima de metro cuadrado, de geotextil medido en obra, colocado de acuerdo con los planos y esta especificación y debidamente aceptado por el Interventor. No se medirán los traslapos.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

### **673.6.2 Material granular drenante**

La unidad de medida del material granular drenante será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado a la décima de metro cúbico, de material suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de la misma y por la altura de colocación del material drenante indicadas en los planos del proyecto o autorizados por el Interventor.

### **673.6.3 Materiales de cobertura**

La unidad de medida del material de cobertura será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado a la décima de metro cúbico, de material suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de la misma y por la altura de colocación del material de cobertura indicados en los planos del proyecto o autorizados por el Interventor.

### **673.7 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario del ítem 673.1, Geotextil, deberá incluir el suministro del geotextil en obra, su almacenamiento, transportes, colocación, costuras; traslajos y desperdicios.

El precio unitario del ítem 673.2, Material granular drenante, deberá incluir los costos del suministro, equipos y mano de obra para la adecuada colocación y compactación del material en la zanja del subdrén; la obtención de permisos de explotación del material; la extracción y eventual trituración y/o lavado; la clasificación del material; cargues; transportes; descargues; almacenamiento; la adecuada disposición de los materiales sobrantes de todo el proceso de fabricación del subdrén; la señalización y el control del tránsito durante la etapa de construcción y en general todos los costos necesarios para la correcta ejecución de la unidad de obra correspondiente a esta especificación.

El precio unitario del ítem 673.3, Material de cobertura, deberá incluir todos los conceptos de costo enunciados para el ítem “673.2 Material granular drenante”, excepto la disposición de los materiales sobrantes de todo el proceso de fabricación del subdrén y la señalización y control del tránsito durante la etapa de construcción, conceptos ya incluidos en el ítem 673.2

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se excluyen del precio unitario de los ítems anteriores la excavación de las zanjas, la cual se pagará de acuerdo con el Artículo 600, “Excavaciones varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **673.8 ÍTEM DE PAGO**

673.1 Geotextil (Suministro, transporte e instalación de geotextil NT3000)

**Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)**

673.2 Material granular drenante

**Metro cubico (m<sup>3</sup>)**

673.3 Material de cobertura

**Metro cubico (m<sup>3</sup>)**

673.4 Geotextil de refuerzo TR6000

**Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)**

## **674 ARTÍCULO 674 DRENES HORIZONTALES EN TALUDES**

### **674.1 DESCRIPCIÓN**

Los drenes horizontales de penetración transversal constituyen un sistema de subdrenaje, que consiste en la introducción de tuberías ranuradas insertadas transversalmente en los taludes de cortes y eventualmente en terraplenes, para aliviar la presión de poros.

Este trabajo consiste en la perforación de barrenos en los taludes del proyecto, y la instalación de tubería perforada de drenaje dentro de los mismos, con o sin recubrimiento de geotextil, en los sitios establecidos en los planos o en los que indique el Interventor.

### **674.2 MATERIALES**

Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo en contrario, la tubería de drenaje será de poli (cloruro de vinilo) (PVC), norma ASTM D 1785, con diámetro interior de cincuenta milímetros (50 mm), Schedule 80, perforada de acuerdo con lo establecido en los planos o las instrucciones del Interventor.

En el caso de que se requiera la utilización de un geotextil para el recubrimiento externo de la tubería, éste deberá cumplir con lo que se especifique en los documentos del proyecto; como mínimo, deberá cumplir con lo que sea pertinente del numeral 673.2.1 del Artículo 673 “Subdrenes con geotextil y material granular” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **674.1 EQUIPO**

El equipo que se utilice para la instalación de drenes de penetración transversal, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto y en cantidad suficiente para producir el rendimiento establecido en el programa de trabajo, siendo responsabilidad del Constructor su selección, pero deberá contar con la aprobación del Interventor. Dicho equipo deberá ser mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado.

El equipo deberá ser el adecuado para perforar barrenos en cualquier dirección y en profundidad hasta de treinta (30) metros. Podrá ser equipo ligero rotatorio o a percusión con martinete en el frente (down the hole), que permita obtener perforaciones con diámetros de cincuenta milímetros (50 mm) a ciento cincuenta milímetros (150 mm), en suelo o en roca.

Las plataformas contarán con canastillas telescópicas, de accionamiento hidráulico o neumático, cuya versatilidad de movimientos permitan acercar y retirar el equipo, materiales y personal para la perforación e instalación de los drenes de penetración transversal.

## **674.2 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### 674.2.1 Trabajos previos

Previamente a la perforación de los barrenos, éstos se ubicarán mediante el auxilio de trazos topográficos, con base en la distribución espacial establecida en el proyecto.

Inmediatamente antes de iniciar los trabajos, la superficie sobre la que se instalarán los drenes horizontales se deberá encontrar limpia y libre de zonas que puedan presentar riesgos de desprendimientos. No se permitirá la instalación de drenes de penetración transversal sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por el Interventor.

### 674.2.2 Ejecución de las perforaciones e instalación del dren

En general, la instalación de los drenes horizontales se hará de acuerdo a la ubicación indicada en los planos del proyecto; sin embargo, la ubicación exacta se determinará conforme se acuerde con el Interventor.

El esviaje y la inclinación de las tuberías horizontales serán los establecidos en el proyecto o aprobados por el Interventor, pudiéndose realizar los últimos ajustes en campo, según las condiciones del terreno en el punto de instalación de cada dren.

Si, a juicio del Interventor, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados durante la ejecución del trabajo, éste se suspenderá inmediatamente en tanto que el Constructor corrija las deficiencias, lo

reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables exclusivamente al Constructor.

Si la perforación se hace en materiales sueltos o inestables, se colocará inmediatamente tubería de revestimiento, la cual se removerá después de haber instalado la tubería ranurada de PVC. Durante la perforación, se cuidará que el agua, si ésta se usa en la perforación, no contamine los cauces de agua superficiales.

A menos que el proyecto indique otra cosa o el Interventor apruebe algo diferente, se conectará una extensión redondeada o en punta de bala al extremo de la tubería ranurada para facilitar su introducción en la perforación.

La tubería se colocará con la ayuda del equipo de perforación para introducirla en el barreno. Para formar una línea de tubería continua se conectarán los tramos de tubería que sean necesarios. Los tubos de cloruro de polivinilo (PVC) se pegarán entre sí, con el sistema indicado en los documentos del proyecto o el autorizado por el Interventor.

A menos que el proyecto indique otra cosa o el Interventor autorice algo en contrario, en el último tramo, de entre tres (3) a seis (6) metros de longitud, se utilizará tubería no ranurada que constituya la salida del dren.

El espacio entre la perforación y el tramo de tubería no perforada se sellará en un tramo de al menos tres (3) metros hacia adentro a partir de cara del talud, con un material impermeable que cumpla lo establecido en el proyecto o aprobado por el Interventor. El espacio entre el barreno y la tubería perforada en el resto de la longitud del dren no se deberá sellar.

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe el Interventor, se colocarán tuberías de salida en los extremos de todos los drenes horizontales, utilizando una pieza "T" para conectarlos a la tubería colectora.

Se deberá instalar un sistema colector del tipo, características y dimensiones indicadas en el proyecto o aprobadas por el Interventor.

674.2.3 Limitaciones en la ejecución

No se podrán ejecutar los trabajos de colocación de drenes horizontales en taludes en momentos en que haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de drenes horizontales se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 674.2.4 Manejo ambiental

Todas las labores de ejecución de obras de drenes horizontales se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

### **674.3 CONDICIONES PARA EL DÍA DE LOS TRABAJO**

#### 674.3.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar permanentemente el estado de funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los tubos y demás materiales por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación, y estén de acuerdo con los documentos del proyecto o sus indicaciones.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Verificar que el alineamiento y la longitud del dren estén de acuerdo con los requerimientos de los planos o lo autorizado por el Interventor.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Constructor.

674.3.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

674.3.2.1 Calidad de los materiales

674.3.2.1.1 Tubos de PVC

Se deberán verificar los siguientes aspectos:

- Que el lote de tubos que llegue a la obra cumpla con las especificaciones exigidas. El Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante con los resultados de los ensayos de calidad pertinentes. Esta certificación no implica necesariamente la aceptación del lote de tubos por parte del Interventor.
- Que ningún tubo presente roturas, aplastamientos o deformaciones. Todos los tubos que presenten algún desperfecto serán rechazados.
- Que el diseño y la ejecución de las ranuras de cada uno de los tubos esté de acuerdo con los documentos del proyecto o lo indicado por el Interventor.
- Que la unión de los tubos, a medida que se van introduciendo en el barreno, se ejecute conforme a las indicaciones establecidas en los documentos del proyecto o a las indicaciones del Interventor.

674.3.2.1.2 Geotextil

El geotextil deberá cumplir con estipulado en el numeral 674.2. El Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante con los resultados de los ensayos de calidad pertinentes. Esta certificación no implica necesariamente la aceptación del lote de geotextil por parte del Interventor.

674.3.2.2 Calidad del producto terminado

Se deberá verificar la adecuada colocación del material impermeable de sello en el último tramo del dren. Además, se deberá verificar que cada uno de los drenes esté correctamente conectado al sistema colector del agua, de acuerdo con los planos del proyecto o las indicaciones del Interventor.

## **674.4 MEDIDA**

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al décimo de metro lineal, de dren horizontal instalado de acuerdo con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

## **674.5 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra terminada y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de preparación de la superficie del talud; la perforación de los barrenos y la eventual instalación y posterior retiro de tubería de revestimiento; el suministro, adecuación e instalación de la tubería de PVC, incluyendo sus ensambles; el suministro y la instalación del geotextil, si se requiere; la colocación del sello impermeable; los costos de cargue, transporte, descargue, desperdicios, disposición adecuada de sobrantes; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de los trabajos, y en general todos los costos requeridos para la correcta ejecución de los trabajos objeto de esta especificación.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

En caso de que se requiera instalar un sistema colector al cual se deban conectar los drenes, su forma de pago se definirá mediante una especificación particular.

## **674.6 ÍTEM DE PAGO**

674.2 Dren horizontal de longitud mayor a diez (10) metros. **Metro lineal (m)**

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

## **677 ARTÍCULO 677-P GEOMEMBRANA HDPE**

### **677.1 DESCRIPCIÓN**

Comprende este ítem la mano de obra, herramientas, materiales, accesorios, etc., necesarios para la construcción de las estructuras de impermeabilización que se deberá instalar como parte de los lechos de secado de la PTAR y en las cunetas de piedra pegada.

### **677.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

Herramientas, geomembrana.

### **677.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Se especifica el suministro e instalación de una geomembrana de 20 mils (0.5 mm) de espesor que será utilizada como barrera para impedir la percolación de las aguas resultantes del proceso de filtración en los lechos de secado.

La geomembrana se instalará encima del solado de limpieza, de acuerdo a como se muestra en los planos.

### **677.4 OBSERVACIONES**

Se debe aplicar en los muros interiores y fondo de los tanques que almacenaran aguas residuales y como parte de la estructura de las cunetas de piedra pegada

### **677.5 MEDIDA Y FORMA DE PAGO**

La unidad de medida y pago será el metro cubico (M2) efectivamente instalada y se pagará al precio unitario consignado en el contrato, y su valor incluirá el precio del equipo, herramientas, mano de obra y todos los elementos necesarios de acuerdo al método de aplicación especificado a usar, para la correcta ejecución de la obra.

### **NO CONFORMIDAD**

En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución o a su terminación, las obras se considerarán como mal ejecutadas. En este

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

evento, el Constructor deberá realizar las acciones necesarias para la corrección de los inconvenientes presentados y sin que implique modificaciones y/o adiciones en el plazo y en el valor del contrato.

## **6.6. ÍTEM DE PAGO**

677-P.1 suministro, transporte e instalación de geomembrana HDPE (m2)

## **681 ARTÍCULO 681 GAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO**

### **681.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo, almacenamiento e instalación de canastas de mallas hexagonales de alambre de acero con revestimiento metálico, entrelazado en triple torsión, y el suministro, transporte y colocación de material de relleno dentro de las canastas, de acuerdo con los alineamientos, formas y dimensiones y en los sitios establecidos en los planos del proyecto o indicados por el Interventor. También incluye las canastas de alambre de acero con doble revestimiento, metálico y poli(cloruro de vinilo) (PVC), cuando los documentos del proyecto así lo requieran.

### **681.2 MATERIALES**

#### 681.2.1 Canastas metálicas

##### 681.2.1.1 Requisitos

Las canastas metálicas deberán estar formadas de alambre de acero con recubrimiento metálico (o con recubrimiento metálico y recubrimiento posterior de PVC) de triple torsión, con huecos hexagonales: deberán cumplir los requisitos de materiales y de fabricación establecidos en la norma ASTM A 975 “Standard Specification for Double–Twisted Hexagonal Mesh Gabions and Revet Mattresses (Metallic-Coated Steel Wire or Metallic-Coated Steel Wire With Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Coating)”.

#### 681.2.2 Clasificación

Los gaviones se clasifican en 4 clases, en función del recubrimiento del alambre, como se menciona en la Tabla 50.

Tabla 50 Clases de gaviones según el tipo de recubrimiento del alambre

CLASE	TIPO DE RECUBRIMIENTO
1	Metálico tipo 1: zinc (galvanizado)
2	Metálico tipo 2: aleación Zn-5A1-MM
3	Metálico tipo 1 y PVC
4	Metálico tipo 2 y PVC

Los gaviones de clase 1 estarán elaborados con alambres de acero recubiertos con zinc (galvanizado).

Los gaviones de clase 2 estarán elaborados con alambres de acero recubiertos con una aleación de zinc, aluminio y tierras raras, denominada Zn-5A1-MM.

Los gaviones de clase 3 estarán elaborados con alambres de la clase 1 (recubiertos con zinc) sobre los cuales se aplica un segundo recubrimiento en poli(cloruro de vinilo) (PVC).

Los gaviones de clase 4 estarán elaborados con alambres de la clase 2 (recubiertos aleación Zn-5A1-MM) sobre los cuales se aplica un segundo recubrimiento en poli(cloruro de vinilo) (PVC).

Para todas las clases de gaviones, todos los alambres que constituyen las canastas, tanto principales como secundarios (alambre de las canastas propiamente dicho, de las aristas o bordes, de los templetes, de los amarres y de los anclajes) deberán tener el revestimiento especificado en los documentos del proyecto. El recubrimiento especificado se deberá aplicar a los alambres antes de entrelazarlos entre sí con triple torsión para la elaboración de las mallas para las canastas.

#### 681.2.2.1 Características del alambre

##### 681.2.2.1.1 Resistencia a la tensión

Todos los alambres serán de acero de bajo temple; su resistencia a la tensión deberá estar entre cuatrocientos quince y quinientos megapascales (415 a 500 MPa), cuando se verifique de acuerdo a lo establecido en el método de ensayo ASTM E 8.

### 681.2.2.1.2 Diámetro de los alambres

El diámetro mínimo de los alambres deberá cumplir los requisitos mencionados en la Tabla 51.

Tabla 51 Diámetro mínimo nominal de los alambres

CARACTERÍSTICA	TIPO DE RECUBRIMIENTO	
	METÁLICO (Clases 1 y 2)	METÁLICO Y PVC (Clases 3 y 4)
Malla	3.00 mm	2.70 mm
Aristas y bordes	3.80 mm	3.40 mm
Templetes:		
- Elaborados en obra para conectar las caras anterior y posterior de cada panel de gavión	2.20 mm	2.20 mm
- Preformados para enlazar las esquinas de una misma celda	3.80 mm	3.40 mm
Amarres	2.20 mm	2.20 mm

### 681.2.2.1.3 Recubrimiento metálico

El alambre con recubrimiento metálico deberá estar libre de astillas, escamas y otras imperfecciones que no sean consistentes con las buenas prácticas de fabricación de estos elementos. El recubrimiento deberá ser continuo y razonablemente homogéneo; se permitirá la soldadura en fábrica de los extremos del alambre para conseguir la longitud necesaria en los rollos de empaque.

El recubrimiento con zinc de todos los alambres para los gaviones de clases 1 y 3 deberá cumplir los requerimientos la norma ASTM A 641 para acero de bajo temple con recubrimiento clase 3.

El recubrimiento con aleación Zn-5A1-MM de todos los alambres para los gaviones de clases 2 y 4 deberá cumplir los requerimientos la norma ASTM A 856 para acero de bajo temple con recubrimiento clase 3.

La cantidad mínima del recubrimiento metálico, en masa por unidad de área de la superficie del alambre sin recubrir, deberá cumplir lo indicado en la Tabla 52; el ensayo se ejecutará según la norma de ensayo ASTM A 90.

Tabla 52 Masa mínima del recubrimiento metálico del alambre

<b>DIÁMETRO DEL ALAMBRE (mm)</b>	<b>MASA DEL RECUBRIMIENTO METÁLICO (ZINC O ALEACIÓN Zn-5 AL-MM) POR UNIDAD DE ÁREA DE LA SUPERFICIE DEL ALAMBRE SIN RECUBRIR (g/m<sup>2</sup>)</b>
2.20	230
2.70	245
3.00	260
3.40	260
3.80	275

El alambre, con su recubrimiento metálico, deberá poder ser enrollado alrededor de un mandril cilíndrico de acero formando una espiral apretada a razón de 15 giros por minuto sin que el recubrimiento metálico se agriete o descascare hasta tal punto que cualquier partícula del recubrimiento (zinc o aleación Zn-5A1-MM) se pueda remover frotando con los dedos desnudos. El mandril para la prueba de adherencia deberá tener el diámetro indicado en la Tabla 53, el cual está en función del diámetro nominal del alambre, D.

Tabla 53 Diámetro del mandril para la prueba de adherencia del recubrimiento metálico

<b>DIÁMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE , D (mm)</b>	<b>DIÁMETRO DEL MANDRIL (mm)</b>
2.20 a 3.69	3 D
≥ 3.70	4 D

El aflojamiento o desprendimiento durante la prueba de pequeñas partículas del recubrimiento metálico (zinc o aleación Zn-5A1-MM) que se hayan formado por pulimiento mecánico de la superficie del alambre recubierto no se considerará como causa de rechazo del recubrimiento metálico.

#### 681.2.2.1.4 Recubrimiento en PVC

El recubrimiento con poli(cloruro de vinilo) (PVC) de todos los alambres para los gaviones de clases 3 y 4, que se coloca sobre el recubrimiento metálico, deberá cumplir los requerimientos de la norma ASTM A 975; su espesor deberá cumplir los requisitos indicados en la Tabla 54.

Tabla 54 Espesor del recubrimiento de PVC

CARACTERÍSTICA	REQUISITO
Espesor nominal (mm)	0.50
Espesor mínimo (mm)	0.38

### 681.2.2.2 Características de la malla para gavión

En las normas ASTM A 975 y NTC 3555 se indica la nomenclatura de los elementos que integran el gavión, así como su configuración y detalles de fabricación; las partes del gavión se ilustran en la Ilustración 2.

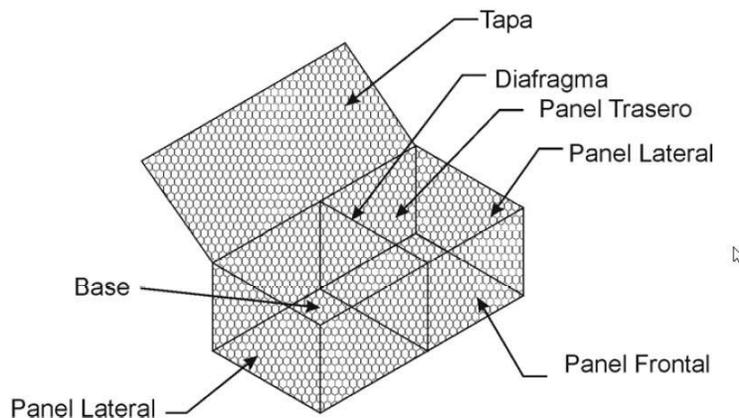


Ilustración 2 Partes de un gavión

La abertura de malla deberá ser tipo ocho (8) por diez (10) centímetros; estas medidas se obtienen tomando las longitudes en ángulo recto en sentidos vertical y horizontal, como se muestra en la Ilustración 3.

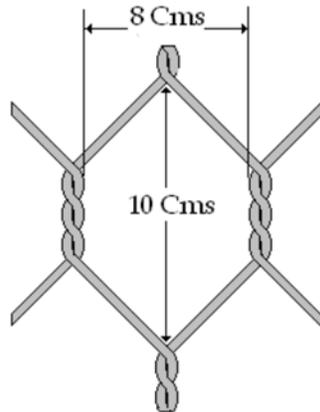


Ilustración 3 Abertura de la malla de gavión

La canasta metálica deberá llevar diafragmas conformando celdas de largo no mayor a 1.0 m. Las medidas nominales de los gaviones y su número de celdas se muestran en la Tabla 55.

Tabla 55 Medidas nominales y número de celdas de los gaviones

LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	NÚMERO DE CELDAS	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
2.0	1.0	1.0	2	2.0
3.0	1.0	1.0	3	3.0
4.0	1.0	1.0	4	4.0
2.0	1.0	0.5	2	1.0
3.0	1.0	0.5	3	1.5
4.0	1.0	0.5	4	2.0

Todos los bordes y aristas deberán ser rematados, como mínimo, envolviendo los alambres de la malla alrededor del alambre de borde por lo menos dos veces y media, con excepción de la unión de los paneles laterales y diafragmas con la base, que podrán ser doblados con una sola abertura de malla.

Los requisitos de resistencia mínima de la malla, de las conexiones de la malla con los alambres de las aristas o bordes, de las conexiones entre paneles y de las pruebas de punzonamiento son los mostrados en la Tabla 56. Los ensayos se deberán realizar siguiendo los métodos descritos en la norma ASTM A 975.

Tabla 56 Resistencia mínima de la malla y las conexiones

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	
	METÁLICO (Clases 1 y 2)	METÁLICO Y PVC (Clases 3 y 4)
Resistencia de la malla, mínimo (kN/m)		
- Ensayo paralelo al entorchado de los alambres	51.1	42.3
- Ensayo perpendicular al entorchado de los alambres	26.3	20.4
Resistencia de las conexiones, mínimo (kN/m)		
- Conexiones a los bordes y aristas	20.4	17.5
- Conexiones entre paneles	20.4	17.5
Ensayo de punzonamiento	26.7	23.6

#### 681.2.3 Material de llenado - piedras

El material de llenado podrá consistir en piedras o rocas de canto rodado o de cantera; las piedras deberán ser duras y durables, no susceptibles a desintegración por la exposición al agua o a la intemperie. Deberán estar razonablemente libres de materia orgánica; no deben tener óxido de hierro con excesiva alcalinidad o compuestos salinos, cuya composición pueda atacar el alambre de la canasta.

#### 681.2.4 Geotextil de separación

Si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se deberá instalar un geotextil de separación, el cual deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 231 “Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 231.2.1.

## 681.3 EQUIPO

Se requieren, principalmente, equipos para transporte del material de relleno y para la eventual adecuación de la superficie sobre la cual se construirán los gaviones, así como herramientas manuales para las operaciones de tensionamiento, amarre y cierre de las canastas metálicas.

## 681.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 681.4.1 Generalidades

Los procedimientos que adopte el Constructor para la construcción de gaviones deben prevenir el daño del revestimiento de los alambres de las canastas.

Tabla 57 Características del material granular para llenado de gaviones (piedras)

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO
<b>Granulometría (F)</b>		
- Tamaño máximo (mm)	Nota 1	200
- Tamaño mínimo (mm)		100
<b>Dureza (O)</b>		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación 1), máximo (%)	INV E-219	50
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	12
- Sulfato de sodio		
- Sulfato de magnesio		
<b>Resistencia mecánica (O)</b>		
Resistencia a la Relación simple compresión Máximo esfuerzo de trabajo	ASTM D7012 Método C	≥ 250
- La muestra para el ensayo se obtendrá tomando núcleos de piedras representativas		
<b>Geometría de las partículas Nota 3</b>		
Partículas con relación largo / espesor mayor que 3, máximo (%)	-	10 %
<b>Masa unitaria (F)</b>		

Masa unitaria de las canastas llenas con agregado compactado, mínimo (kg/m <sup>3</sup> ) <i>Nota 3</i>	Nota 2	1250
<b>Absorción (O)</b>		
Absorción de agua, máximo (%) - La muestra para el ensayo se obtendrá fragmentando unamuestra representativa de las piedras	E-223	2.0

Nota 1: El Constructor debe tener en obra unas mallas con aberturas de 100 y 200 mm para control de la granulometría. En ningún caso, el material de relleno podrá ser menor de diez centímetros (10 cm)

Nota 2: El procedimiento constructivo que debe elaborar el Constructor para aprobación de la Interventoría debe incluir un método para la verificación de la masa unitaria de las canastas llenas. El material deberá presentar una adecuada distribución de tamaños para cumplir el requisito establecido.

Nota 3: Los documentos podrán especificar un valor mayor de masa unitaria de las canastas llenas con agregado compactado, por ejemplo 1600 kg/m<sup>3</sup>. Así mismo, podrán requerir el uso de material granular triturado para el relleno de las canastas.

#### 681.4.2 Preparación de la superficie de apoyo

Cuando los gaviones requieran una base firme y lisa para apoyarse, ésta podrá consistir en una simple adecuación del terreno o una cimentación diseñada y construida de acuerdo con los detalles de los planos del proyecto o las indicaciones del Interventor.

Antes de iniciar la colocación de las canastas de los gaviones, la superficie del terreno se deberá preparar según las indicaciones de los documentos del proyecto y con los niveles allí señalados; si se encuentran suelos inadecuados al nivel de fundación de los gaviones, estos deberán ser removidos y reemplazados.

#### 681.4.3 Colocación del geotextil de separación sobre la superficie de apoyo

Si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se deberá instalar un geotextil de separación, labor que deberá adelantarse de

acuerdo con lo indicado en el Artículo 231 “Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 231.4.3.

#### 681.4.4 Colocación y ensamble de las canastas

Las canastas vacías y completamente ensambladas se deberán poner en su posición final sobre la superficie preparada. Su amarre y llenado se deberán realizar en su posición final; no se permitirá el transporte de canastas llenas.

Los paneles que conforman las canastas metálicas se deberán amarrar a través de las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

Antes del llenado, cada canasta se deberá amarrar a las adyacentes, laterales e inferiores, a lo largo de todas las aristas en contacto, tanto horizontales como verticales, y se deberán poner los tirantes permanentes y temporales.

Para obtener un mejor alineamiento y terminado, se deberá tensar la malla de las canastas metálicas antes del llenado, utilizando una palanca o una barra metálica; como alternativa para garantizar la regularidad del gavión y facilitar su llenado, se podrá utilizar una formaleta de madera en las caras que no estén en contacto con otros gaviones.

#### 681.4.5 Llenado y atirantado de las canastas

El proceso de llenado se deberá hacer de forma que se obtengan superficies de contacto parejas y libres de bordes entrantes o salientes entre gaviones; así mismo, que se obtenga el mínimo porcentaje de vacíos y una buena trabazón de las piedras. Para el efecto, el material de relleno se colocará dentro de la canasta manualmente, distribuyendo las piedras por tamaño de la manera más compacta posible, logrando que las partículas de menor tamaño queden hacia el centro y la más grandes junto a la malla; finalmente, el material de llenado se apisonará por capas; no se deberán dejar espacios en la parte superior de la canasta.

Durante el relleno, se deben colocar tirantes o tensores internos transversales, para volver solidarios los paneles opuestos de las canastas, así como tirantes

diagonales en las esquinas, con el fin de evitar la deformación de las canastas debido a la presión ejercida por el relleno. En la Ilustración 4 se ilustra la disposición de estos elementos:

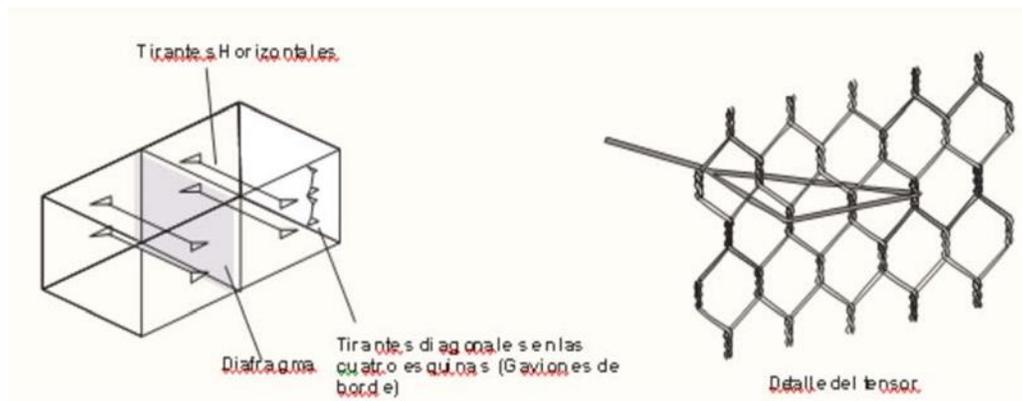


Ilustración 4 Disposición de tirantes o tensores

Las canastas de una misma fila o capa deberán irse rellendo por etapas, de manera que el nivel de llenado de ninguna canasta supere en más de 300 mm el nivel de llenado de las canastas adyacentes.

Las canastas se deberán llenar a tope; al cerrar la tapa, no deben quedar vacíos en la parte superior de la canasta.

#### 681.4.6 Costura y cierre

Terminadas las operaciones de relleno, se deberá instalar la tapa de la canasta sobre la base y coserla a los bordes superiores de la base y de los diafragmas. Todas las costuras o amarres deberán ser realizados de forma continua, atravesando todas las mallas con el alambre, alternativamente, con una vuelta simple y una doble. Las uniones deberán ser resistentes y deberán asegurar una estructura monolítica y apta para soportar fuertes solicitaciones y deformaciones.

## 681.4.7 Colocación del geotextil de separación detrás de las canastas

Si los documentos del proyecto así lo indican, contra las caras de los gaviones que van a quedar en contacto con los rellenos laterales se deberá instalar un geotextil de separación; el geotextil se deberá asegurar a las canastas por medios mecánicos suficientemente resistentes y convenientemente separados, de manera que el geotextil no se desplace durante la colocación y compactación de los rellenos laterales.

Los traslapos deberán ser como mínimo de 30cm o se deberán usar costuras. En el caso de traslapos, la tela superior deberá traslaparse sobre la tela inferior; en el caso de las costuras, deberán cumplir lo indicado en el Artículo 231 “Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), numeral 231.4.3.2, con los requisitos adicionales que señale el fabricante.

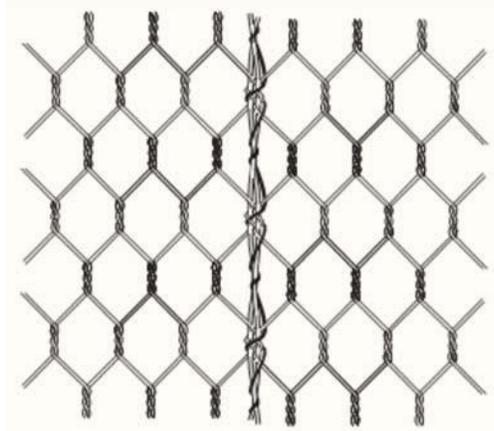


Ilustración 5 Detalle de las costuras o amarres

## 681.4.8 Ejecución de rellenos laterales

Los rellenos laterales de las estructuras de gaviones se deberán ir adelantando a medida que avanza la construcción de los gaviones, según el Artículo 610,

“Rellenos para estructuras” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), empleando los materiales indicados en los documentos del proyecto. Los equipos y procedimientos deberán ser los adecuados para lograr la densidad especificada en los documentos del proyecto; en el caso de uso de geotextiles de separación, los equipos y procedimientos deberán lograr los requisitos de compactación sin afectar el geotextil.

#### 681.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la construcción de gaviones en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de gaviones se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVIAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 681.4.9 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de gaviones deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

### **681.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 681.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad estipulados en la presente especificación.
- Verificar que el alineamiento y las pendientes y dimensiones de la obra se ajusten al diseño.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

#### 681.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Se verificará que las canastas metálicas y el material de llenado satisfagan las exigencias de los planos y de esta especificación y que la estructura construida esté en concordancia con los alineamientos, pendientes y secciones indicados en los documentos del proyecto y las eventuales modificaciones aprobadas por el Interventor.

#### 681.5.3 681.5.2.1 Calidad de las canastas

Por cada lote de canastas y alambres complementarios que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación de calidad de estos elementos, expedida por el fabricante de los mismos, con los respectivos reportes de ensayos de laboratorio, los cuales deberán satisfacer todos los requisitos establecidos en el numeral 681.2.1. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor ni implica, necesariamente, la aceptación de la entrega.

#### 681.5.4 Tolerancias en las canastas metálicas

Las dimensiones en la abertura hexagonal de la malla de triple torsión no deberá diferir en más de tres milímetros ( $\pm 0.3$  cm) en el sentido horizontal ni en más de un centímetro con cuatro décimas ( $\pm 1.4$  cm) en el sentido vertical, tomando las medidas en ángulo recto en sentido vertical y horizontal como se

indica en la norma ASTM A 975, con respecto a lo indicado en el numeral 681.2.1.4.

El ancho, la altura y la longitud de una canasta para gavión al fabricarse, no deberá diferir, antes de su llenado, en más o menos cinco por ciento ( $\pm 5\%$ ) en la menor dimensión y en más o menos tres por ciento ( $\pm 3\%$ ) en las otras dos dimensiones, con respecto a lo indicado en el numeral 681.2.1.4.

La tolerancia en los diámetros de los alambres será de más o menos ocho centésimas de milímetro ( $\pm 0.08$  mm)

En caso de deficiencias en los materiales o en la ejecución de la obra, el Constructor deberá acometer, sin costo adicional alguno para el Instituto Nacional de Vías, las correcciones necesarias de acuerdo con las instrucciones de Interventor, a plena satisfacción de éste.

#### 681.5.4.1 Calidad de los materiales de llenado de los gaviones

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se verificará su calidad y granulometría, según los requisitos indicados en el numeral 681.2.2. Los resultados deberán satisfacer las exigencias allí establecidas; si los materiales no cumplen con la totalidad de los requisitos serán rechazados.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y al mínimo especificados.

#### **681.6 MEDIDA**

La unidad de medida de los gaviones será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico. El volumen se determinará sumando los volúmenes de las canastas de gavión instaladas y recibidas a satisfacción por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán cantidades en exceso de las recién indicadas.

Se medirán por aparte para pago las excavaciones y los rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles.

## **681.1 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de equipos, herramientas y mano de obra; suministro e instalación de las canastas; la extracción, preparación y suministro de los materiales para el llenado de los gaviones; la construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes, la obtención de los permisos y derechos de explotación; la adecuación de las fuentes al terminar la explotación para recuperar sus características hidrológicas superficiales, el cargue, transporte y descargue de los fragmentos de roca; el llenado, amarre y anclaje de los gaviones; y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos por concepto del suministro e instalación de abrazaderas, alambre, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el gavión en su sitio, así como la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se pagarán por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles, de acuerdo con los siguientes Artículos:

- Excavaciones: Artículo 600, "Excavaciones varias" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)
- Rellenos: Artículo 610, "Rellenos para estructuras" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)
- Geotextiles: Artículo 673, "Geotextil y material granular drenante" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

## **681.2 ÍTEM DE PAGO**

681.1 Gavión de malla de alambre de acero entrelazado **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

## 690 ARTÍCULO 690 IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS

### 690.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la impermeabilización de superficies de estructuras de concreto, previa a la aplicación de pavimentos o rellenos. También, consiste en el tratamiento que se debe dar a los paramentos de estructuras en contacto con rellenos de tierra, como es el caso de muros de contención de tierras y/o estribos de puentes.

### 690.2 MATERIALES

#### 690.2.1 Láminas impermeabilizantes para tableros

Las láminas de impermeabilización estarán confeccionadas con una película de asfalto con polímeros de polipropileno atáctico (APP), reforzada con un tejido continuo de filamentos de poliéster. Las láminas deberán ser completamente impermeables, resistentes al envejecimiento y de gran flexibilidad, debiendo cumplir lo especificado en la Tabla 58.

En los documentos del proyecto se indicará el espesor de lámina por emplear.

Tabla 58 Requisitos para láminas impermeabilizantes para tableros

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO
Espesor, mínimo (mm)	ASTM D 5147	3.50
Resistencia a la tracción longitudinal, mínimo (kN/m)		20
Resistencia a la tracción transversal, mínimo (kN/m)		17
Elongación longitudinal, mínimo (%)		45
Elongación transversal, mínimo (%)		45
Punto de ablandamiento, mínimo (° C)	INV E-712	140
Penetración a 25° C, mínimo (1/10 mm)	INV E-706	30

#### 690.2.2 Impermeabilizantes de paramentos de estructuras

Se deberán utilizar productos impermeabilizantes según lo indiquen las especificaciones particulares del proyecto o aquellos que hayan sido autorizados por el Interventor y que garanticen ser completamente estancos, resistentes al envejecimiento y de gran flexibilidad, de acuerdo a los requerimientos de la obra.

Cuando se utilice un material impermeabilizante con una base de cemento asfáltico, éste deberá tener, como mínimo, las características consignadas en la Tabla 59:

Tabla 59 Requisitos para material impermeabilizante para paramentos

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Ductilidad, mínimo (cm)	E-702	100
Punto ablandamiento, mínimo (° C)	E-712	60
Penetración a 25° C (1/10 mm)	E-706	60 a 100

### 690.3 EQUIPO

La maquinaria y los equipos utilizados en la impermeabilización de las estructuras de concreto serán los adecuados para que dicha operación se lleve a cabo correctamente.

### 690.1 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 690.1.1 Preparación de la superficie

La superficie de concreto debe quedar lisa y libre de protuberancias o depresiones. Se deberán reparar oquedades, protuberancias, hormigueros, armaduras o alambres que puedan dar un mal acabado o dañar los elementos impermeabilizantes.

Para la colocación de láminas impermeabilizantes, pinturas o cualquier material impermeabilizante, se debe dejar que las superficies de concreto se sequen al menos 10 días luego de completar el curado. La aplicación se deberá hacer en clima seco, sin riesgo de lluvias, con la superficie seca, exenta

de polvo, arena, aceites, grasas o de cualquier otra suciedad que afecte la adherencia del material impermeabilizante en los sitios por impermeabilizar.

#### 690.1.2 Impermeabilización de tableros

Se deberá garantizar que todos los detalles para las obras de desagüe estén perfectamente terminados al nivel donde va la impermeabilización.

Sobre la superficie preparada, de acuerdo con el numeral 690.4.1, se aplicará un imprimante asfáltico de buena penetración y adherencia, a razón de 300 g/m<sup>2</sup>, o la dosificación establecida por el fabricante.

Luego del proceso de imprimación, se extenderá la membrana de impermeabilización, adhiriéndola a la losa mediante un proceso establecido por el fabricante (termofusión o cualquier otro proceso aceptado por el Interventor). La lámina se deberá extender sobre la superficie considerando traslapes de, al menos, 10 cm en el sentido longitudinal y 15 cm en el sentido transversal, medidos estos en la línea y longitud del tablero. La lámina de impermeabilización continuará hasta los extremos del tablero, pasando por debajo de defensas o barreras de seguridad.

Antes de la colocación del pavimento, se deberá supervisar el trabajo de impermeabilización, efectuando pruebas para garantizar su impermeabilidad en los sitios que determine el Interventor, las cuales correrán por cuenta del Constructor.

#### 690.1.3 Impermeabilización de paramentos de estructuras

Una vez fraguado el concreto de muros o estribos y antes de la colocación del relleno, se pintarán las paredes que estarán en contacto con el material de relleno, en los sitios indicados en los documentos del proyecto, con la pintura impermeabilizante especificada.

La impermeabilización de estribos y muros se realizará con dos manos de pintura impermeabilizante, como mínimo. Manos adicionales de pintura se aplicarán de acuerdo con lo especificado en los planos del proyecto o con las indicaciones del interventor.

## 690.1.4 Manejo ambiental

Todas las labores de impermeabilización de concretos se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

## **690.2 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

### 690.2.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales utilizados cumplan las exigencias de la presente especificación.
- Comprobar que los materiales se apliquen uniformemente y en los sitios previstos.
- Verificar que los trabajos se ejecuten de acuerdo con lo que establece la presente especificación.
- Verificar la adhesión y el acabado del material impermeabilizante efectivamente colocado.
- Medir, para efectos de pago, las impermeabilizaciones de estructuras ejecutadas de acuerdo con esta especificación.

### 690.2.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Interventor sólo aceptará las impermeabilizaciones que se hayan elaborado con materiales adecuados y realizadas conforme lo establecen los documentos del proyecto y la presente especificación.

## **690.3 MEDIDA**

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

La unidad de medida para la impermeabilización de estructuras será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado a la centésima de metro cuadrado, de superficie efectivamente impermeabilizada, medida en el terreno y aceptada por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirá ninguna impermeabilización por fuera de los límites autorizados por el Interventor

#### **690.4 FORMA DE PAGO**

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro, transporte, almacenamiento, desperdicios y aplicación del material impermeabilizante, incluyendo los refuerzos necesarios. Igualmente se determinarán los costos de todos los trabajos e insumos necesarios para preparar las superficies donde se aplicará la impermeabilización. Además, se considerará la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos, la ejecución de pruebas de estanqueidad en sitios de dudoso acabado y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

Además, deberá incluir los costos de la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

#### **690.5 ÍTEM DE PAGO**

690.1 Impermeabilización de estructuras Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

## **810 ARTÍCULO 810 PROTECCIÓN VEGETAL DE TALUDES**

### **810.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la protección de taludes de terraplenes, excavaciones y otras áreas del proyecto, en los sitios indicados en los planos o determinados por el Interventor, empleando materiales vegetales. El trabajo incluye, además, la conservación de las áreas tratadas hasta el recibo definitivo de los trabajos.

El presente Artículo se refiere a las siguientes opciones de protección:

- Trasplante de césped
- Colocación de tierra orgánica (material vegetal)
- Hidrosiembra controlada

Los documentos del proyecto o el pliego de condiciones indicarán el tipo de tratamiento por aplicar en cada caso específico.

### **810.2 MATERIALES**

#### **810.2.1 Bloques de césped**

Los bloques de césped para la empedradización serán de forma aproximadamente rectangular y dimensiones regulares; provendrán de cultivos tecnificados, a no ser que hayan sido obtenidos del descapote durante las operaciones de la excavación de la explanación descritas en el Artículo 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) de las presentes especificaciones. No se aceptarán bloques de césped que hayan sido obtenidos de terrenos que se vean afectados por el retiro de esta protección vegetal. Se deberá informar a la autoridad ambiental sobre su procedencia y se deberá contar con el correspondiente aval para su empleo.

Los bloques deberán tener las raíces del pasto sanas y adheridas a la capa de tierra orgánica.

## 810.2.2 Tierra orgánica

La tierra orgánica deberá provenir de áreas localizadas fuera del proyecto o, preferiblemente, del descapote del proyecto. Se deberá informar a la autoridad ambiental sobre su procedencia y se deberá contar con el correspondiente aval para su empleo.

La tierra orgánica consistirá en un suelo de origen superficial, con contenido orgánico, libre de piedras, ramas, restos vegetales de gran calibre, escombros, desperdicios no degradables y cualquier otro elemento extraño y nocivo para los fines de la protección.

## 810.2.3 Materiales para protección con hidrosiembra

### 810.2.3.1 Semillas

Se utilizarán semillas de pastos o de especies propias de la zona o que se adapten con facilidad a ella, de las características indicadas en los documentos del proyecto u otras propuestas por el Constructor y autorizadas por el Interventor y que, en conjunto, aseguren la cobertura vegetal del talud en forma permanente.

Toda partida de semillas que se utilice deberá venir empacada y debidamente etiquetada por el proveedor.

Las semillas y sus proporciones serán las señaladas en los documentos del proyecto y dependerán del lugar y del tipo de terreno donde se colocarán. Las semillas a emplear deberán cumplir con una germinación mínima de 80 % y un 95% de pureza, lo que deberá ser certificado por un laboratorio o una institución competente. A este efecto, será válida la certificación externa que entregue el proveedor de las semillas. Las dosificaciones mínimas indicadas se referirán a semillas en estado seco o de almacenamiento.

### 810.2.3.2 Fibra o mulch hidráulico

Se utilizará un producto específico para hidrosiembra, ya sea de fibra de madera, celulosa, o una combinación de ambos, en las dosis que el fabricante

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

indique y que sea el establecido en los documentos del proyecto o aceptado por el Interventor.

#### 810.2.3.3 Fijador o aglomerante estabilizador

Se utilizarán dos clases de adherentes, cuya función será la de mantener unidas las fibras de mulch con las semillas a la superficie por tratar y un floculante que haga el efecto dispersante en la solución.

La formulación para el aglomerante estabilizador deberá estar de acuerdo con las dosis establecidas por los fabricantes y será la definida en los documentos del proyecto.

#### 810.2.3.4 Agua de mezcla para la hidrosiembra

No es necesario que el agua para la mezcla sea potable. Sólo tiene que ser agua limpia, no contaminada químicamente, sin elementos extraños ni suciedad evidente, que cumpla con las recomendaciones del fabricante de acuerdo al tipo de siembra.

#### 810.2.4 Fertilizantes e insecticidas

Se deberán emplear los fertilizantes e insecticidas adecuados para cada tipo de tratamiento, según lo establezcan los documentos técnicos del proyecto. Los fertilizantes a emplear deberán aportar los elementos necesarios para el desarrollo de las especies sembradas. Pueden ser órgano–minerales o minerales, y deberán aportar los macro nutrientes y micro nutrientes esenciales para un buen establecimiento y óptimo desarrollo de la vegetación.

#### 810.2.5 Agua para riego

Cualquiera sea el tipo de tratamiento de protección que se emplee, el agua para riego deberá tener las características descritas en el numeral 810.2.3.4 para el agua para hidrosiembra.

## **810.1 EQUIPO**

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que los trabajos de protección de los taludes tengan la calidad exigida y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución.

En particular, el equipo requerido para la hidrosiembra deberá estar compuesto por agitadores hidráulicos y/o mecánicos que sean capaces de mantener la solución en emulsión constante y proyectarla vía aspersion sobre el terreno desnudo.

Los elementos para la aplicación de los riegos periódicos deberán ser de tipo aspersor u otros similares que apliquen el agua en forma de lluvia fina.

El Constructor deberá disponer, además, de las herramientas, rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos, cuerdas, cinturones de seguridad, cascos, estacas, palas, balanzas, envases calibrados y todos los demás elementos que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos especificados.

## **810.2 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### **810.2.1 Momento para la colocación de la protección del talud**

La protección vegetal de los taludes se realizará lo más pronto posible, después que cada uno de los cortes o terraplenes esté terminado en su fase de movimiento de tierras. Si esto ocurre en época seca, la protección del talud se podrá aplazar, según lo permita el cronograma de trabajo y lo apruebe el Interventor, para el siguiente período de lluvias y se programará teniendo en cuenta el desarrollo de una protección vegetal aceptable al inicio de la temporada seca.

No obstante lo anterior, el Constructor deberá sembrar en cualquier época, si así lo exigen el plazo de ejecución de las obras o el Interventor, y deberá realizar los riegos necesarios con el fin de mantener la humedad adecuada para una buena germinación y la consecuente eficacia de la protección.

## 810.2.2 Preparación de la superficie existente

El Interventor sólo autorizará la ejecución de los trabajos si la superficie por proteger presenta la uniformidad requerida para garantizar el éxito de ellos. Si la superficie presenta irregularidades que excedan las tolerancias

determinadas en las especificaciones respectivas, de acuerdo con lo prescrito en las unidades de obra correspondientes, el Constructor hará las correcciones previas, a satisfacción del Interventor.

Los taludes por tratar deberán tener un adecuado encauce de las aguas, debido a las lluvias que se pudieran presentar durante la instalación y que pudieran causar daños al trabajo, los cuales, en caso de que se produzcan, deberán ser reparados por Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Adicionalmente, se deberá realizar una limpieza previa para evitar todo material suelto o susceptible de caer sobre la zona que se va a proteger.

Si el talud no cuenta con la rugosidad adecuada para la colocación de la protección, se deberá conformar mediante un procedimiento adecuado, como rastrillado paralelo a la horizontal o formación de surcos convenientemente espaciados de acuerdo con la dureza del terreno (15 cm a 40 cm).

Utilizando herramientas manuales, el Constructor corregirá los surcos verticales y otras marcas inconvenientes. Se deberá considerar la preparación de surcos horizontales como complemento al escarificado y como una forma de mejorar el desempeño del riego, en el caso de la hidrosiembra.

En el tratamiento por hidrosiembra, se podrá soltar o descompactar una delgada capa de suelo (no mayor de 5 cm), con el fin de facilitar el enterramiento de las semillas y el enraizamiento inicial. En caso de que se detecten derrames de material sin compactar, zonas de baja densidad o superficies con excesiva pendiente, no se deberán ejecutar trabajos de siembra hasta solucionar las deficiencias del talud. La solución deberá ser propuesta por el Constructor y ejecutada cuando cuente con la aprobación del Interventor.

Se deberá tratar de conservar la vegetación espontánea que pueda existir en el talud, salvo que sea perjudicial para la colocación de la protección específica. Si se considera necesario, se deberá segar o cortar la vegetación espontánea. Este corte se realizará cuando la altura de la vegetación alcance o sobrepase los treinta centímetros (30 cm).

Los residuos vegetales de la siega o del corte se deberán retirar cuando constituyan una capa perjudicial para la buena repartición de la protección sobre el terreno.

#### 810.2.3 Protección mediante trasplante de césped

Sobre la superficie preparada se aplicará fertilizante del tipo y en la cantidad que lo indiquen los documentos del proyecto y, a continuación, se extenderán los bloques de césped haciéndolos casar en la mejor forma posible, evitando traslapos y vacíos y buscando que los extremos del área empradizada empalmen armónicamente con el terreno natural adyacente.

En las uniones de los bloques se colocará tierra orgánica. Una vez plantada la superficie, se deberá regar de manera abundante y, en lo sucesivo, diariamente sin limitación o de acuerdo a las indicaciones del Interventor, y se apisonará con frecuencia con un cilindro manual, con el fin de emparejarla y detectar las irregularidades, la cuales deberán ser corregidas por el Constructor, a satisfacción del Interventor.

#### 810.2.4 Protección del talud con tierra orgánica (material vegetal)

Luego de la fase de preparación, se esparcirá en forma uniforme el suelo vegetal produciendo una cobertura de veinte a cincuenta centímetros (20 a 50 cm) de espesor, según se señale en los documentos del proyecto, sobre el talud por proteger. Este proceso se realizará manualmente.

Para disminuir el potencial de erosión, puede ser necesaria una compactación manual de esta capa. Para mejorar su adherencia con la superficie del talud, éste se debe humedecer o escarificar superficialmente antes de recibir el material de protección.

El nivel de fertilización dependerá de un análisis del suelo del terreno, el cual se deberá realizar antes de la puesta en marcha de la obra. Si no se ha especificado en los documentos del proyecto, el tipo de fertilizante lo determinará el Constructor a través de su especialista. Este fertilizante deberá contar con la aprobación del Interventor.

El tratamiento con tierra orgánica se empleará, de preferencia, en la protección de taludes de terraplenes.

#### 810.2.5 Protección mediante hidrosiembra controlada

Tras el trabajo de preparación de la superficie, se procederá inmediatamente a la hidrosiembra que, en una o dos pasadas, deberá aportar todos los elementos al suelo: semillas, fertilizantes, mulch y adherente.

Un buen resultado dependerá de que no llueva durante el lapso que transcurra entre el término de la preparación del suelo y el inicio de la hidrosiembra. Si la lluvia ocurre, se deberá repetir el proceso.

El riego de instalación se hará uniformemente en toda la superficie. La dosificación de la boquilla deberá ser del tipo lluvia fina para no producir daños o erosión.

#### 810.2.6 Fertilización

En todos los casos, se deberá considerar al menos una fertilización principal y una de mantenimiento. La fertilización principal se realizará junto con la siembra de la superficie. Los materiales y dosificaciones se señalarán en los documentos del proyecto. Durante el proceso de crecimiento, se completará la fertilización según requerimiento del Interventor. Los niveles anteriores serán considerados como mínimos. Las fertilizaciones se podrán realizar en conjunto con los riegos de agua a las protecciones instaladas.

#### 810.2.7 Riego y conservación

El riego se realizará exclusivamente por el método de aspersion u otro similar, siempre que resulte en forma de lluvia fina.

El riego se aplicará a partir del día siguiente de la colocación de la protección y no habrá límite en cuanto a su frecuencia. Solamente se deberá cuidar de no provocar escurrimiento superficial, para lo cual se deberán efectuar pasadas rápidas, lanzando el agua desde prudente distancia y hacia arriba, de forma tal que las gotas pierdan su energía. De preferencia, se regará temprano en la mañana y al atardecer.

La frecuencia de los riegos dependerá tanto de las condiciones climáticas como del sistema de protección utilizado y del estado de la cubierta vegetal y deberá ser suficiente para asegurar, junto con las fertilizaciones, que durante todo el proceso se presenten los niveles adecuados de germinación y desarrollo de las plantas.

Adicionalmente, se requerirá de poda en caso que la vegetación sobrepase la corona de la vía, obstruya algún dispositivo de drenaje o impida una adecuada visibilidad en la vía. Esta actividad se realizará siempre que sea necesario, a juicio del Interventor, y en forma permanente hasta el recibo definitivo de los trabajos.

#### 810.2.8 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de protección vegetal de taludes deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

Se deberá poner especial cuidado a los insumos utilizados para la hidrosiembra, así como a los fertilizantes e insecticidas utilizados en el trabajo y al tratamiento de las zonas de las cuales se extraigan los bloques de césped cuando se vaya a emplear este sistema de protección.

No se aceptará el uso de especies transgénicas sin aprobación del Interventor y sin la autorización de las autoridades ambientales competentes.

### **810.3 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 810.3.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en el inciso que corresponda del numeral 810.2, según el tipo de protección por utilizar.
- Verificar que el trabajo se ejecute de acuerdo con los documentos del proyecto y las exigencias del presente Artículo.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales y de seguridad requeridas.
- Vigilar que se efectúe un mantenimiento adecuado del área protegida hasta su recibo definitivo.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

#### 810.3.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Interventor no recibirá los trabajos antes de noventa (90) días de concluidos los trabajos de protección. En el momento del recibo definitivo, el área protegida no podrá presentar irregularidades o desperfectos y se deberá encontrar podada a satisfacción del Interventor, cuando se hayan presentado las circunstancias citadas en el numeral 810.4.7.

En caso de que no haya germinación de las semillas en terrenos aptos para sostener vegetación en forma permanente y, por lo tanto, no quede garantizada la cobertura vegetal especificada, el Constructor deberá repetir los procesos de sembrado para recuperar los sectores sin prendimiento, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Si por cualquier circunstancia el prendimiento de la primera siembra fuese deficiente a juicio del Interventor, o se produjesen daños de cualquier origen, se procederá a resembrar. El proceso de resiembra se repetirá las veces que sea necesario en las áreas que lo requieran y, de acuerdo a las necesidades, podrá ser parcial aportando sólo las especies cuyo prendimiento fue negativo, si el Interventor así lo autoriza. No se considerará pago adicional por los procesos de resiembra.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

## **810.4 MEDIDA**

a unidad de medida de la protección vegetal de taludes será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al entero, de área protegida de acuerdo con los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. La medida se hará sobre la proyección inclinada de la superficie del talud.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se incluirán en la medida áreas con protección vegetal por fuera de los límites autorizados por el Interventor.

### **810.1 FORMA DE PAGO**

El pago de la protección vegetal del talud se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de preparación de la superficie existente, salvo que dicha labor forme parte de otra partida de trabajo del mismo contrato; el suministro en el lugar y la colocación de todos los materiales requeridos para la protección; la compactación de la superficie tratada cuando corresponda; el riego y la poda periódicos del área tratada; el suministro y la aplicación de fertilizantes, insecticidas y demás materiales requeridos para la conservación del área protegida hasta su recibo definitivo; los desperdicios y el manejo adecuado de ellos y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

### **810.2 ÍTEM DE PAGO**

810.1 Protección de taludes con bloques de césped **Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)**

810.2 Protección de taludes con tierra orgánica **Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)**

810.3 Protección de taludes con hidrosiembra controlada **Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)**

## 812 ARTÍCULO 812 RECUBRIMIENTO DE TALUDES CON MALLA Y MORTERO

### 812.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la protección de taludes utilizando malla de alambres de acero y mortero de cemento hidráulico, de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

### 812.2 MATERIALES

#### 812.2.1 Malla de alambres de acero

El tipo y las características de la malla serán los indicados en los documentos del proyecto. El tipo de malla puede ser alguno de los indicados en la Tabla 61.

Tabla 60 Tipos generales de mallas de acero para protección de taludes

TIPO DE MALLA	NORMA ASTM	NORMA NTC
Malla electrosoldada	A-185	1925
Malla de acero con recubrimiento metálico para gaviones	A-195	5333
Malla de gallinero	A-390	3313

#### 812.2.2 Cemento hidráulico

El cemento hidráulico debe cumplir lo especificado en el Artículo 501 “Suministro de cemento hidráulico” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). Si los documentos del proyecto no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general: Portland tipo I (norma ASTM C-150); tipo IS o IP (norma ASTM C595); o tipo GU (norma ASTM C1157).

#### 812.2.3 Agregado

El agregado para el mortero provendrá de arenas naturales en su totalidad o parcialmente de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado a juicio del

Interventor. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más de treinta por ciento (30 %) de la masa total del agregado.

El agregado deberá cumplir con los siguientes requisitos:

#### 812.2.3.1 Granulometría

La curva granulométrica del agregado para mortero deberá encontrarse dentro de los límites que se señalan en la Tabla 61.

Tabla 61 Requisitos granulométricos del agregado para mortero de recubrimiento de taludes

TAMIZ (mm) U.S. Standard)	9.5	4.75	2.36	1.18	0.60	030	0.150	0.075
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
<b>% PASA</b>	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10	0 - 5
<b>Requisitos adicionales</b>	Porcentaje retenido entre dos tamices consecutivos $\leq$ 45 %							

#### 812.2.3.2 Calidad

El agregado deberá cumplir los requisitos indicados en la Tabla 61.

#### 812.2.3.3 Reactividad

El agregado fino no podrá presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo si los resultados que se obtienen al determinar la concentración de SiO<sub>2</sub> y la reducción alcalinidad, R, mediante la norma de ensayo INV E-234, no cumplen con los requisitos establecidos en la Tabla 62.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

Si se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

## 812.2.4 Agua

El agua para fabricar el mortero deberá estar limpia y libre de impurezas perjudiciales, tales como aceite, ácidos, álcalis y materia orgánica. Se considera adecuada el agua que cumpla los requisitos establecidos en el numeral 630.2.3 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). Se puede usar agua potable sin necesidad de pruebas previas.

Tabla 62 Requisitos de calidad del agregado para mortero de recubrimiento de taludes

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, % máximo		
- Sulfato de sodio	E-220	10
- Sulfato de magnesio		15
<b>Limpieza (F)</b>		
Límite líquido, % máximo	E-125	-
Índice de plasticidad, % máximo	E-126	No Plástico
Equivalente de arena, % mínimo	E-133	60
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo	E-211	1
Partículas livianas, % máximo	E-221	0.5
<b>Contenido de materia orgánica (F)</b>		
Color más oscuro permisible	E-212	Igual a muestra patrón
<b>Características químicas (O)</b>		
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$ , % máximo	E-233	1.2
		$SiO_2 \leq R$
Reactividad Álcali - Agregado: Concentración $SiO_2$ y reducción alcalinidad R	E-234	cuando $R \geq 70$  $SiO_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$
<b>Absorción</b>		

Absorción de agua, % máximo	E-222	4.0
<b>Requisito especial para arenas provenientes de excorias siderúrgicas</b>		
Se debe comprobar que no tengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos		

### 812.3 EQUIPO

Los principales elementos requeridos para la elaboración del mortero y la aplicación de dicho material en el talud son los siguientes:

#### 812.3.1 Equipo para la fabricación y transporte del mortero

El mortero se deberá preparar en una central de mezclas y transportar al sitio de los trabajos en carros tipo mixer. Se permitirá el empleo de mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra, cuya capacidad no podrá exceder de un metro cubico (1 m<sup>3</sup>), previa autorización del Interventor.

#### 812.3.2 Formaleta y obra falsa

El Constructor deberá suministrar e instalar todos los andamios y elementos necesarios para la instalación de la malla y para revestir con el mortero la cara del talud.

#### 812.3.3 Elementos para la colocación del concreto

El Constructor deberá disponer de los medios de colocación del mortero que permitan la adecuada regulación de la cantidad de mortero aplicado. El tipo y capacidad del equipo para colocar el mortero deberá contar con la aprobación previa del Interventor.

Además, deberá disponer de herramientas varias, entre ellas las necesarias para la construcción de juntas, la corrección superficial del mortero terminado, el curado del mismo y elementos de limpieza.

### 812.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 812.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Al respecto, resulta aplicable lo descrito en el numeral 630.4.1 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 812.4.2 Formaletas y obra falsa

Todos los andamios y elementos necesarios para la instalación de la malla, la colocación de los bastones de anclaje y el revestimiento con el mortero, deberán ser diseñados por el Constructor y aprobados por Interventor. Los andamios deberán ser diseñados de tal manera que permitan la colocación y terminación del mortero en su posición final y su fácil inspección de manera adecuada y segura para el personal.

La aprobación del diseño de la obra falsa por parte del Interventor, no exime al Constructor de su responsabilidad respecto a la seguridad, calidad del trabajo y cumplimiento de todos los requerimientos de esta especificación.

#### 812.4.3 Colocación de la malla

Inicialmente, se deberá proceder con la remoción de material suelto del talud; a continuación, se instalará la malla anclándola en la parte superior del talud y ciñéndola a éste mediante bastones en forma de “U” (acero de refuerzo 3/8”); por último, se procederá a recubrirla con la capa de mortero de cemento, dejando juntas de dilatación a criterio del Interventor.

#### 812.4.4 Fabricación del mortero

##### 812.4.4.1 Almacenamiento de los agregados

Los acopios de agregado se deberán mantener libres de tierra o de elementos extraños y dispuestos de tal forma que se evite al máximo su segregación.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos.

Los acopios se construirán por capas, de espesor no mayor a metro y medio (1.50 m), y no por montones cónicos.

#### 812.4.4.2 Suministro y almacenamiento del cemento

Al respecto se aplica lo prescrito en el numeral 630.4.5.2 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 812.4.4.3 Elaboración del mortero

La mezcla para el mortero tendrá una proporción 1:4 en peso (una parte de cemento por cuatro partes de arena), salvo que los documentos del proyecto establezcan una dosificación diferente.

Si ha sido autorizada por el Interventor la fabricación del mortero en mezcladora al pie de obra, salvo indicación en contrario de éste, la mezcladora se cargará primero con una parte no superior a la mitad (1/2) del agua requerida para la cochada; a continuación, se añadirán simultáneamente el agregado fino y el cemento, completándose luego la

dosificación de agua durante un lapso que no deberá ser inferior a cinco segundos (5 s), ni superior a la tercera parte (1/3) del tiempo total de mezclado, contado a partir del instante de introducir el cemento y los agregados.

Antes de cargar nuevamente la mezcladora se vaciará totalmente su contenido. En ningún caso se permitirá el remezclado de morteros que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, agregados y agua.

Cuando la mezcladora haya estado detenida por más de treinta (30) minutos, deberá ser limpiada perfectamente antes de verter materiales en ella. Así mismo, se requiere su limpieza total antes de comenzar la fabricación de mortero con otro tipo de cemento.

El Constructor, con la supervisión del Interventor, transformará las cantidades correspondientes a la fórmula de trabajo a unidades volumétricas. El Interventor verificará que existan los elementos de dosificación precisos para obtener una mezcla de la calidad deseada.

#### 812.4.5 Descarga, transporte y aplicación del mortero

El mortero, al ser descargado de la mezcladora, deberá tener la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridas para la obra. La descarga de la mezcladora, el transporte y la aplicación del mortero deberán ser completados en un tiempo máximo de una y media (1 1/2) horas, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados, salvo que el Interventor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas.

No se permitirá la aplicación en el talud de ningún mortero que haya desarrollado algún endurecimiento inicial, que no sea entregado dentro del límite de tiempo aprobado o que no tenga el asentamiento dentro de los límites especificados.

El mortero que por cualquier causa haya sido rechazado por el Interventor, deberá ser retirado de la obra y reemplazado por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, por un mortero satisfactorio.

#### 812.4.6 Juntas

Se deberán construir juntas de dilatación con las características y en los sitios indicados en los planos del proyecto o donde lo indique el Interventor. El Constructor no podrá introducir juntas adicionales o modificar el diseño de localización de las indicadas en los planos o aprobadas por el Interventor, sin la autorización de éste. En superficies expuestas, las juntas deberán ser horizontales o verticales, rectas y continuas, a menos que se indique lo contrario.

En general, se deberá dar un acabado pulido a las superficies del mortero.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

## 812.4.7 Agujeros para drenaje

Los agujeros para drenaje o alivio se deberán construir de la manera y en los lugares señalados en los planos o donde lo indique el Interventor. Los moldes para practicar agujeros a través del mortero deberán ser de tubería de PVC.

## 812.4.8 Curado

### 812.4.8.1 Generalidades

En general, los tratamientos de curado se deberán mantener por un período no menor de siete (7) días después de terminada la colocación del mortero.

### 812.4.8.2 Curado con agua

El Constructor deberá lograr que el mortero permanezca húmedo en toda la superficie, cubriéndolo con tejidos de fique o algodón saturados de agua, o por medio de rociadores, mangueras o tuberías perforadas, o por cualquier otro método que garantice los mismos resultados.

El humedecimiento deberá ser continuo y bajo ninguna circunstancia se permitirá el humedecimiento periódico. El agua que se utilice para el curado deberá cumplir los mismos requisitos del agua para la mezcla.

## 812.4.9 Limpieza final

Al terminar la obra y antes de la aceptación final del trabajo, el Constructor deberá retirar del lugar toda obra falsa, materiales no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el Interventor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de los trabajos y dejando el lugar limpio y presentable.

#### 812.4.10 Limitaciones en la ejecución

No se permitirán los trabajos de recubrimiento de taludes con malla y mortero en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### 812.4.11 Reparaciones

Todo mortero defectuoso o deteriorado deberá ser reparado o reemplazado por el Constructor, según lo requiera el Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

#### 812.4.12 Manejo ambiental

Todas las labores de ejecución de recubrimiento de taludes con malla y mortero se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

### **812.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 812.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente en cuanto a la colocación y anclaje de la malla, a la elaboración y manejo de los agregados, a la fabricación, transporte y colocación del mortero, a la ejecución de juntas, al acabado y al curado del mortero.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla de mortero.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezcla del mortero durante el período de ejecución de las obras.
- Realizar medidas para determinar las dimensiones de la protección y comprobar la uniformidad de la superficie.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

#### 812.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### 812.5.2.1 Calidad del cemento

Cada vez que lo considere necesario, el Interventor efectuará u ordenará ejecutar los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

##### 812.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna sospecha sobre su calidad, se determinará su pH y los contenidos de materia orgánica, sulfatos y cloruros.

##### 812.5.2.3 Calidad de los agregados

La calidad de los agregados se verificará mediante la realización de las mismas pruebas especificadas en el numeral 812.2.3 del presente Artículo. La frecuencia de los ensayos de control durante la etapa de ejecución de los trabajos será a criterio del Interventor, de acuerdo con la magnitud de la obra. De dicha decisión, se deberá dejar constancia escrita.

#### 812.5.2.4 Calidad de la mezcla 812.5.2.4.1 Dosificación

La mezcla se deberá efectuar en las proporciones establecidas durante su diseño, admitiéndose las variaciones en el peso de sus componentes que se indican en la Tabla 63.

Tabla 63 Tolerancias en puntos de porcentaje sobre la dosificación en masa de la mezcla de mortero

COMPONENTE DE LA MEZCLA	TOLERANCIA
Agua, cemento y aditivos	± 1 %
Agregado fino	± 2 %

#### 812.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al décimo de metro cuadrado, de recubrimiento de talud con malla y mortero ejecutado de conformidad con los planos o las instrucciones del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El área se determinará multiplicando la longitud de talud tratada, medida a lo largo del eje de la vía, en su proyección horizontal, por el ancho, medido sobre la superficie del talud, especificado en los planos o modificado por el Interventor. De las áreas calculadas se deducirán las correspondientes a las tuberías de drenaje.

No se medirá, para fines de pago, ninguna obra ejecutada por fuera de las dimensiones o líneas establecidas en los documentos del proyecto u ordenadas por el Interventor.

## **812.7 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir los costos del suministro y colocación de la malla y los anclajes; el suministro de los agregados, del cemento y del agua; del diseño de la mezcla de mortero; de la elaboración de la mezcla de mortero, su transporte y colocación sobre el talud; el diseño, suministro de los materiales requeridos y la elaboración de la obra falsa necesaria; la ejecución de juntas; el suministro y la colocación de las tuberías de drenaje; el curado del mortero terminado; la limpieza final de la zona de las obras. Deberá incluir, también, los costos de la señalización preventiva y el control del tránsito público durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

## **812.8 ÍTEM DE PAGO**

812.1 Recubrimiento con malla y mortero 1:4 de e = 15 cm **Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)**

## **820 ARTÍCULO 820-P TRINCHOS EN GUADUA**

### **820.1 DESCRIPCIÓN**

Esta especificación se refiere a la construcción de barreras (trinchos) transversales ubicadas en una ladera, con el objeto principal de controlar la erosión superficial y procurar la recuperación de la cobertura vegetal. Este trabajo consiste en el suministro o fabricación, transporte, manejo, almacenamiento e instalación o hincado de trinchos de los tipos, secciones y longitudes indicados en los planos u ordenados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ; también, comprende el suministro y erección de cualquier arriostramiento, tirantes y otros miembros que muestren los planos y que sean necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

Así mismo incluye el suministro e instalación del geotextil que cumpla con todo lo definido en el Artículo 673 “Subdrenes con geotextil y material granular” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **820.2 MATERIALES**

#### **820.2.1 Trinchos de madera o guadua.**

Se utilizará madera aserrada o desbastada o guadua, tratada, de la mejor calidad que se encuentre en la zona de las obras, con diámetro no menor a 100 mm, y que su resistencia se haya considerado dentro del diseño previamente realizado, de acuerdo con lo señalado en las especificaciones particulares del proyecto. Su calidad deberá ser tal, que soporte satisfactoriamente el hinchamiento, sin presentar agrietamientos o daños por el proceso.

La madera para la elaboración de los trinchos podrá ser de cualquier especie que sea recomendable para este uso y que sea de poca dificultad para su obtención en el área del proyecto. Su explotación y uso sólo se permitirán cuando se disponga de las licencias respectivas.

Su sección transversal podrá ser circular o cuadrada no menor a 100 mm de diámetro o sección y deberán estar hechos con madera o guadua sana, curada, descortezada y con los extremos cortados en la forma exigida en los planos. Los elementos serán rectos y con todos los nudos

recortados a ras de la superficie. Las clases de maderas por emplear y las dimensiones de las piezas serán las indicadas en los planos, teniendo como referencia que su diámetro o su dimensión transversal mínima respectivamente, deberá ser de cien milímetros (100 mm). En cuanto a su longitud, si no existe una señalada por los documentos del proyecto, se tomará como mínimo dos puntos tres metros (2.3 m). Los postes se deberán tratar con algún procedimiento y producto preservativo; la clase y tipo de tratamiento se deberá ajustar a lo indicado en los documentos del proyecto o al que autorice la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El tratamiento de la zona del poste de madera que quede en contacto directo con el suelo deberá garantizar su impermeabilidad o evitar la transferencia del agua del suelo al elemento.

#### 820.2.2 Rellenos para trincho.

El material de relleno para trincho será tierra orgánica, deberá provenir de áreas localizadas fuera del proyecto o, preferiblemente, del descapote del proyecto. La tierra orgánica consistirá en un suelo de origen superficial, con contenido orgánico, libre de piedras, ramas, restos vegetales de gran calibre, escombros, desperdicios no degradables y cualquier otro elemento extraño y nocivo para los fines de la protección.

#### 820.2.3 Geotextil.

El uso de geotextil en la construcción de trinchos en guadua, posterior a la pantalla del trincho y en contacto con el suelo circundante permite el paso del agua a largo plazo, dentro del trincho reteniendo el suelo adyacente. Este geotextil es tipo NT-1600 y debe la calidad y supervivencia debe cumplir lo definido en el Artículo 673 “Subdrenes con geotextil y material granular” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### 820.3 EQUIPO

El CONSTRUCTOR deberá disponer de todos los equipos y herramientas necesarios para la preparación, transporte e instalación adecuada de las tablestacas. En particular, los equipos y métodos de instalación o hinca, deberán ser los comúnmente recomendados para esta clase de trabajos. Los equipos que utilicen martillos para la hinca de los trinchos en madera,

deberán tener guías en todo el recorrido para propiciar el golpe, las cuales deberán contar con la aprobación de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

## **820.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### **820.4.1 Condiciones generales**

Será responsabilidad del CONSTRUCTOR el proyecto y la construcción del trincho. Este deberá poseer la rigidez suficiente para soportar todas las cargas y demás acciones posibles de ocurrir durante la etapa constructiva y garantizar que la obra acabada tenga la geometría, dimensiones y alineamientos indicados en los documentos del proyecto.

### **820.4.2 Suministro, manejo y almacenamiento**

El CONSTRUCTOR deberá suministrar los elementos con las dimensiones y las características físicas señaladas en los planos y demás documentos del proyecto. El manejo y almacenamiento de la madera y/o guadua se realizará de manera paragarantizar la mayor seguridad de las personas e instalaciones circundantes a la obra, atendiendo la normatividad al respecto. Cualquier daño o perjuicio causado será responsabilidad del CONSTRUCTOR, quien deberá responder por ello con sus propios recursos.

El transporte y manejo de la madera y/o guadua se deberán efectuar con el mayor cuidado, para evitar cualquier deformación, ranuras, quebraduras y astilladuras. Las piezas deberán ser almacenadas en sitios limpios en todo momento, bien drenados y protegidos de los efectos de agua.

Las piezas deberán ser separadas mediante trozos de madera u otros elementos adecuados durante el almacenamiento, para evitar los deterioros que se puedan presentar por el contacto directo entre ellas o por cualquier otro agente, tales como el cambio de la geometría, daños en los elementos de unión y posibles revestimientos que se presenten. Se pondrá especial cuidado en la forma de almacenamiento y la cantidad por apilamiento, para evitar daños por solicitaciones estructurales no consideradas en el diseño de los elementos.

Si por alguna razón se debe variar alguna de las características geométricas de las maderas o guaduas suministradas para la fabricación del trincho, esta deberá ser aprobada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Los trinchos conocidos también como terracetas o graderías, consisten básicamente en una barrera transversal formada por guadua o madera, hincada al talud por guadua o madera clavadas en el terreno, amarradas con alambre y separadas entre sí 0.60 m. Sedescarga el área a tratar de tierras suelta o rellenos no conformados, se procede a conformar el talud con la guadua o madera, en forma horizontal hasta una altura máxima de 0.60 m, rellenando la parte posterior de la barrera, (si es necesario). Las guaduas verticales de anclaje tendrán una longitud mínima de 1.80 m.

Cuando las condiciones del terreno requieran alturas libres superiores a las de 0.60 m, los trinchos se construirán en madera para lo cual se deberá disponer de guías para los pilotes, las cuales pueden consistir en una doble fila de tablones, o piezas de maderade mayor sección, colocados a poca altura del suelo, de forma que el eje del hueco intermedio coincida con el de la pantalla de tablestacas a construir. Esta doble fila de tablones estará sólidamente sujeta y apuntalada al terreno, y la distancia entre sus caras interiores no excederá del espesor de la pared de tablestacas en más de dos centímetros (2 cm).

Los pilotes se hincarán por medio de martinete, o mediante maquinaria vibratoria adecuada, según resulte más conveniente y sea especificado en el proyecto o sea aceptado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. El martinete puede ser de gravedad o de cualquier tipo de acción que se use normalmente en la hinca de pilotes. Si se hinca con martinete, las cabezas de los pilotes se deberán proteger por medio de accesorios adecuados, para evitar su deformación o deterioro por los golpes.

La hinca de los pilotes se realizará hasta la penetración o capacidad de soporte especificados y aceptados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Las ayudas a la hinca, tales como la pre perforación o la lubricación de juntas, serán utilizadas únicamente con el consentimiento por escrito de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

La construcción de los trinchos debe iniciarse de abajo hacia arriba, en forma continuay acomodándose a la forma natural y pendiente del terreno. Las guaduas o guadua deberán ser consistentes y sanas, colocándose de tal forma que eviten al máximo el escape de los finos del suelo a través del trincho. Los traslapos horizontales de guadua deben hacerse siempre al pie de la guadua vertical. Las guaduas deben quedar firmemente amarradas con alambre. La berma conformada por el trincho debe cubrirse con vegetación apropiada a las condiciones ecológicas de la región, como, por ejemplo: limoncillo, higuerrillo, forrajeras, leucaena, guaduailla, etc. sembrando además estacas vivas de sauce caucho, quiebrabarrigo, etc. a distancias de 2.4 m, coincidiendo con unaguadua del anclaje. Las guaduas de anclaje de niveles contiguos quedarán sujetasentre sí por un amarre doble de alambre. La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ determinará la posición y espaciamiento de los trinchos y aprobará previamente a la iniciación de los trabajos, el sistema de construcción que adopte el CONSTRUCTOR.

La hinca de la madera se realizará hasta la profundidad especificados y aceptados porla ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### 820.4.3 Recortes

Terminada la hinca, se cortarán, si es preciso, los extremos superiores de las maderas, de manera que sus cabezas queden alineadas según el perfil definido en los planos. El corte se efectuará con herramienta apropiada para el material de la madera o guadua y después de recortar los excedentes, las partes superiores se deberán tratar profusamente con aceite de creosota caliente y después con alquitrán. Se podrá emplear otro tratamiento, si así lo contemplan los documentos del proyecto o la autorizala ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### 820.4.4 Excavación

La instalación manual se permitirá para trinchos ecológicos, se procederá a efectuar excavaciones con hoyadoras en los sitios definidos para la instalación de los postes. La excavación tendrá una sección transversal ligeramente mayor que la del poste y su profundidad mínima será de un metro (1.20 m). Si los planos no indican otra cosa, los postes se ubicarán a intervalos de cero puntos sesenta metros (0.60m); en cualquiercaso,

se aceptará una tolerancia de más o menos cinco por ciento (5%).

#### 820.4.5 Instalación del geotextil y Relleno.

Una vez colocado cada poste, el espacio entre él y las paredes del terreno o excavación se recubrirán con geotextil y se rellenará con material de la misma excavación y la última capa con tierra orgánica, en capas compactadas de tal forma que se garantice el perfecto empotramiento de la pieza.

#### 820.4.6 Limpieza

Terminado el trabajo de trincho, el CONSTRUCTOR deberá retirar del lugar de la obra todos los excedentes y recortes de las maderas y demás desperdicios, transportarlos y disponerlos en lugares apropiados, a satisfacción de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### 820.4.7 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de trinchos deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular. Por ningún motivo se permitirá arrojar materiales sobrantes a los cursos de agua.

### **820.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 820.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el CONSTRUCTOR.
- Verificar la localización topográfica de las terrazas antes de su construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Efectuar u ordenar la inspección de control de la madera y/o guadua.

- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la hincas de los elementos.
- Verificar que los elementos cumplan en cuanto a resistencia, composición y dimensiones.
- Medir las cantidades de obra correctamente ejecutadas.

## 820.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

### 820.5.2.1 Calidad de los materiales

Las verificaciones de calidad de los materiales constitutivos de los trinchos se realizarán conforme lo establece la especificación correspondiente a dicho material. Previo a la construcción de los trinchos se deberá presentar a la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, para su aprobación, un informe con una descripción detallada de todas las actividades, materiales, procedimientos y ensayos previstos, a efectos de garantizar la impermeabilidad.

### 820.5.2.2 Dimensiones, forma y peso

Las dimensiones, formas y peso de los elementos serán los que figuren en los planos y especificaciones particulares del proyecto, admitiéndose las tolerancias en dimensiones que indica

## **820.6 MEDIDA**

### 820.6.1 Trinchos

La unidad de medida del trincho será el metro cuadrado ( $m^2$ ), aproximado al décimo de metro cuadrado, de trincho ejecutado en obra, con su geotextil posterior y respectivo relleno, de acuerdo con los planos, esta especificación y las indicaciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, a plena satisfacción de ésta.

El área de los trinchos se medirá sin incluir la sección lateral de los mismos que quede empotrada ni las guaduas de anclaje, el valor de dichos elementos se considera ya incluido dentro del precio unitario del trincho.

El área de los trinchos, cualquiera que sea su tipo, se medirá sobre los

planos del proyecto y teniendo en cuenta las modificaciones aprobadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Si al efectuar la medición el área contiene una fracción igual o superior a cinco centésimas de metro cuadrado ( $\geq 0.05\text{m}^2$ ), la aproximación se realizará a la décima superior; en caso contrario, se aproximará a la décima inferior.

### **820.7 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, transportes, manejo, almacenamiento, corte, limpieza, colocación de todos los materiales incluido el alambre para amarre y demás elementos requeridos para la construcción del trinchos, trabajos de excavación, suministro e instalación del geotextil y relleno para reconfiguración del terreno, equipos y mano de obra necesarios para ejecutar correctamente el trabajo especificado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario incluirá, también, los costos por concepto del suministro y siembra de estacas vivas pasto y arbusto para cubrir la berma y cualquier otro elemento utilizado para recuperar la zona erosionada.

El precio unitario deberá cubrir, además, los costos de permisos y patentes que utilice el CONSTRUCTOR, así como la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor, cuando se invada parte de la calzada, durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del CONSTRUCTOR.

El precio unitario incluye los costos por concepto de mano de obra, equipo y el retiro de materiales sobrantes al sitio señalado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, y, en general, todo costo relacionado para terminar el trabajo de acuerdo con los planos y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

## **820.8 ÍTEM DE PAGO**

820-P.1 Trinchos en guadua

**Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)**

## **821 ARTÍCULO 821-P. MICROPILOTES CON BARRAS AUTOPERFORANTES**

### **821.1 DESCRIPCIÓN**

Este numeral comprende todos los requisitos y condiciones que se deberán cumplir para llevar a cabo los trabajos correspondientes al sistema de cimentaciones mediante micropilotes tipo Titán o equivalente.

821.1.1 Generalidades

821.1.1.1 Definiciones

Las palabras siguientes que se usen en el presente Numeral tendrán el significado que aquí se les asigna:

- **Inyecciones de micropilotes**  
Secuencia de perforaciones espaciadas de acuerdo con lo especificado en los planos, la cual tendrá el efecto de un grupo. En estas perforaciones se harán inyecciones de una lechada espesa y a altas presiones.
- **Lechada**  
El conjunto de materiales empleados en las inyecciones, los cuales consisten en la mezcla de agua y cemento, a la que se le podrán incorporar aditivos tales como bentonita u otro que ordene la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.
- **Mortero**  
El conjunto de materiales empleados en las inyecciones, los cuales consisten en la mezcla de agua, cemento y arena a la que se le podrán incorporar aditivos tales como superplastificante, bentonita u otros aditivos que ordene la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.
- **Aditivo**  
Cualquier producto natural o químico que se adiciona a la lechada o mortero para reducir el agua de exudación, cuyo tipo será aquel ordenado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.
- **Relación agua-cemento-arena**  
La proporción en el mortero entre el peso de agua, el peso de cemento más cualquier aditivo que se agregue y el peso de la arena.
- **Presión de inyección**

La presión medida a la entrada de un hueco de inyección, mientras se está aplicando la mezcla de inyección.

- **Lechada estable**

Una lechada estable se define como aquella que exhibe en dos horas una decantación del 5% de agua clara en la parte superior de una probeta de 1000 ml.

## **821.2 MATERIALES**

Para las inyecciones se deberá usar lechada o mortero, según lo ordene la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, cuando el desarrollo de la inyección indique la necesidad o la conveniencia de usar una u otra de estas mezclas.

Las proporciones de mezcla de los componentes de la lechada y mortero para las inyecciones serán indicadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, las cuales podrán sufrir variaciones si la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ lo considera conveniente, sin costo adicional, dependiendo de las condiciones encontradas durante las operaciones de inyección.

Los materiales que se proponga utilizar el CONSTRUCTOR deberán cumplir con todo lo estipulado en estas especificaciones. La verificación de la calidad de los materiales que se utilicen en las operaciones de inyección, será llevada a cabo por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y los resultados de estos ensayos serán concluyentes para aceptar o rechazar los materiales.

### **821.2.1 Cemento**

El cemento que se utilice para inyecciones deberá cumplir con los requisitos especificados en el Artículo 501 “Suministro de cemento hidráulico” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Se podrá usar cemento empacado en sacos para la preparación de las mezclas para inyecciones siempre y cuando el CONSTRUCTOR emplee métodos satisfactorios de dosificación, manejo, transporte y almacenamiento. Se deberá tener almacenada una cantidad de cemento cerca del sitio de trabajo, de tal modo que en ningún momento se suspendan

las actividades de inyección por falta de cemento. El sitio de almacenamiento y la cantidad de cemento almacenado deberán ser planeados por el CONSTRUCTOR de acuerdo con los requerimientos de la obra.

#### 821.2.2 Agua

El agua que se utilice para preparación de las mezclas para inyección deberá cumplir con los requisitos especificados para este material en el Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 821.2.3 Arena

La arena para inyecciones, deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 630 “Concreto Estructural”, teniendo en cuenta lo descrito– Agregados- en lo correspondiente a la arena para mezclas de concreto, además de las limitaciones en cuanto a granulometría que se especifican en Tabla 64 mostrado a continuación:

Tabla 64 Límites de gradación

Tamiz estándar U.S.	Porcentaje por peso que pasa
No. 8	-
No. 16	100
No. 50	20 - 60
No. 200	0 - 3

Además de cumplir con estos límites de gradación toda la arena que se utilice en las inyecciones deberá tener un módulo de finura entre 1,5 y 2,0.

#### 821.2.4 Aditivo

En caso de que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ autorice la utilización de bentonita en las mezclas para inyección, ésta deberá ser prehidratada y tener un límite líquido igual o superior al 400%.

## 821.2.5 Otros aditivos

Es posible que además de bentonita se requiera el uso de otros aditivos, tales como acelerantes de fraguado, llenantes inertes, cenizas volcánicas y expansores. Tales materiales deberán ser productos comerciales de reconocida eficacia y estarán sometidos a los mismos requisitos de aceptación establecidos para los aditivos fluidificadores.

## 821.2.6 Tuberías y accesorios metálicos

Las tuberías para conducir la mezcla para las inyecciones desde la bomba al hueco de inyección, las camisas, obturadores y accesorios para conexiones que se empleen en las inyecciones deberán cumplir con la norma ASTM A-120, grado intermedio y deberán ser negras tipo Schedule 40 o equivalente. Las tuberías y accesorios que se utilicen para las inyecciones deberán ser capaces de resistir la presión máxima especificada para cada tipo de inyección.

## 821.2.7 Proporción de mezclas

Por lo menos treinta (30) días calendario antes de iniciar cualquier trabajo de inyecciones, el CONSTRUCTOR deberá, llevar a cabo el diseño y prueba de inyección en campo de las mezclas de lechadas y morteros que se utilizarán en las inyecciones. El diseño de las mezclas deberá ser ajustado por el CONSTRUCTOR mediante la ejecución de mezclas de prueba, utilizando los mismos equipos que empleará durante los trabajos de inyección para la preparación de las mezclas, en los cuales se variarán las proporciones de los componentes de tal forma que se obtengan mezclas estables (decantación menor de 5% antes de dos horas), durables (mínima resistencia a la compresión de 9,0 MPa a los 7 días de edad y de 17,0 MPa a los 28 días de edad) y adecuadamente fluidas (entre 90%-100% del tiempo medido para el agua en el cono de Marsh) establecidos por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Adicionalmente, se deberán efectuar ensayos para determinar la densidad de la mezcla, la cohesión, los tiempos de fraguado inicial y final y la compatibilidad cemento- aditivo. El CONSTRUCTOR deberá suministrar todos los materiales, el personal y el equipo necesarios para la ejecución de estos ensayos, para lo cual no habrá medida ni pago por separado.

El tiempo de mezclado deberá ser por lo menos de dos minutos a partir del momento en que se hayan colocado todos los materiales en el mezclador. La mezcla se deberá mantener permanentemente en suspensión homogénea mediante el uso de los agitadores mecánicos hasta que termine la inyección. La proporción de mezcla para la lechada variará en general entre 0,6:1,0 y 0,8:1,0 (agua: cemento por peso) y para el mortero entre 1:1:1 y 1:1:3 (agua: cemento: arena). De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas ejecutadas para la evaluación y comportamiento de las mezclas de inyección, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ aprobará el tipo y los porcentajes de superplastificante a emplear en las mezclas seleccionadas.

Las inyecciones de los micropilotes, donde quiera que este sistema se emplee, se harán utilizando lechada con relaciones agua cemento comprendidas entre 0.4:1 y 0.6:1

### **821.3 EQUIPO**

#### **821.3.1 Personal**

El CONSTRUCTOR deberá utilizar personal calificado que tenga experiencia y conocimiento de las técnicas modernas de perforación e inyección a presión. Todos los métodos y procedimientos propuestos por el CONSTRUCTOR para las operaciones de perforación e inyección, estarán sujetos a la aprobación de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ

#### **821.3.2 Equipos**

Equipo de perforación: Los equipos para perforar los huecos requeridos para las inyecciones deberán ser adecuados para perforar en los diámetros y longitudes previstas en los planos y en las presentes especificaciones y deberán ser suministrados por el CONSTRUCTOR.

Equipo de inyección: De acuerdo con los rendimientos requeridos, el CONSTRUCTOR deberá suministrar equipos y accesorios suficientes para ejecutar las inyecciones que se requieran de acuerdo con las presiones y caudales máximos indicados en las especificaciones. Este equipo deberá ser del tipo y capacidad aprobados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO

DEL CAFÉ y deberá mantenerse, en todo momento, en condiciones óptimas de operación.

Con un plazo no menor de ocho (8) días antes de que el CONSTRUCTOR tenga programado enviar el equipo de inyección al sitio de la obra, deberá someterlo a la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ para su aprobación. Cada equipo para inyección que se suministre para la obra deberá incluir el siguiente equipo mínimo:

#### 821.3.2.1 Equipo para inyecciones

- Una bomba de flujo continuo o de pistón para operación y otra auxiliar, cada una con capacidad para operar a una presión máxima efectiva de descarga de 10 kg/cm<sup>2</sup>. Las bombas deberán tener una capacidad para operar a baja presión y en forma efectiva y podrán tener una variación en la presión de inyección del 5% como máximo. Se deberá instalar en la toma de las bombas una conexión para agua con el fin de facilitar el lavado del sistema y la inyección de agua dentro de los huecos, además de un sistema que garantice el retorno de la mezcla hasta el agitador.
- Un mezclador coloidal de alta velocidad no menor de 1300 rpm, capaz de mezclar agua, cemento, arena y aditivo. El mezclador deberá estar equipado con un dispositivo medidor de agua calibrado para dar lecturas en litros y décimas de litro. El mezclador deberá tener la capacidad suficiente para asegurar el suministro suficiente de mezcla, cuando se esté inyectando al gasto máximo especificado.
- Un dosificador volumétrico o por peso que permita obtener las mezclas deseadas con una precisión del 1%.
- Un agitador mecánico con capacidad para agitar y mantener en suspensión todos los materiales sólidos contenidos en la mezcla. El agitador deberá estar equipado con tamices que permitan remover de las mezcladoras y del tubo de retorno, cualquier mezcla endurecida o cualquier material extraño que sea retenido por un tamiz No 100 U.S. "Standard" cuando se utilicen lechadas o un No. 8 o No. 16 si es una mezcla con arena. La capacidad del agitador no deberá ser menor que la del mezclador. El agitador deberá estar graduado en décimas de metro cúbico de modo que el volumen inyectado de mezcla se pueda medir con suficiente aproximación. Se deberá colocar el agitador a menos de 30 m del hueco que se esté inyectando.

- Un tanque auxiliar para el suministro de agua, el cual se usará en las pruebas de presión, lavado y operaciones de lavado a presión.
- Obturadores expandibles para aislar los tramos de los huecos que se estén inyectando o en los cuales se estén realizando ensayos de agua a presión. El diseño de estos obturadores debe ser tal que se puedan expandir para sellar los huecos en las localizaciones requeridas y que sean capaces de mantener, sin fugas, presiones de agua iguales a las presiones máximas de inyección durante un período de 10 minutos. Además, deberán permitir su colocación aislada o en pares para separar tramos especiales, con espaciamientos ajustables entre 1,5 m y 6,0 m.
- Todas las válvulas, medidores del flujo de agua, medidores de mezcla, mangueras de presión, tuberías, manguitos, tapones, conexiones y herramientas necesarias para efectuar la operación de inyección de acuerdo con lo especificado. La distribución del equipo de inyección deberá ser tal que provea una circulación continua de una mezcla de consistencia uniforme a través del sistema y que permita un control exacto de la presión en la entrada del hueco sometido a inyección. El equipo deberá tener un sistema de circulación doble en el cual una línea suministre la mezcla desde la bomba al cabezal de la entrada del hueco y la otra línea retorne la lechada del cabezal al agitador. El diámetro interior de todas las líneas del sistema de circulación no deberá ser menor de 38 mm. El cabezal de inyección suministrado para alimentar la lechada o mortero dentro del hueco, deberá incluir una conexión de suministro, una conexión con válvula al hueco y una línea de retorno con una válvula.
- El sistema deberá tener dos manómetros con glicerina, con el rango apropiado de presiones, uno de los cuales deberá estar localizado a la salida de la bomba y el otro en la conexión con la válvula al hueco de modo que indique la presión de suministro de la mezcla y la presión de rechazo de la mezcla en el hueco. Cada instalación para inyección deberá contar con facilidades de almacenamiento suficientes para suministrar cantidades adecuadas de cemento, agua y otros materiales de tal modo que la operación de inyección se pueda llevar a cabo sin interrupción. El equipo de inyección y los materiales deberán tener protección adecuada contra las infiltraciones del túnel.
- Las perforaciones para las inyecciones de los micropilotes se deberán realizar mediante equipos de roto-percusión, con broca y perdidos. Se emplearán los manguitos de empalme que sean necesarios y los

aditamentos centradores del varillaje. La inyección se deberá hacer con bombas que garanticen presiones mayores de 10 kg/cm<sup>2</sup> y que no presenten oscilaciones de las mismas, así como un flujo continuo.

## **821.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### **821.4.1 Dirección de los trabajos**

El CONSTRUCTOR deberá ejecutar las perforaciones y las inyecciones requeridas, de acuerdo con los planos de construcción y las especificaciones técnicas. El CONSTRUCTOR estará a cargo de la dirección técnica y la ejecución de todas las operaciones de perforación e inyección. El número, localización, espaciamiento, dirección, inclinación y profundidad de los huecos, el orden de perforación y el orden de inyección de dichos huecos, las presiones y mezclas que se deberán usar para la inyección, la profundidad y longitud de cada etapa a la cual se deberá inyectar la mezcla serán determinadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y dependerán de la naturaleza de la roca o material que aparezca a medida que se realicen las operaciones de perforación y lavado, e inyecciones ejecutadas por el CONSTRUCTOR. La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ determinará el tipo de mezcla, calidad y porcentaje de aditivo plastificante (o superplastificante) a utilizar, fijará los criterios de rechazo para dar por finalizada la inyección y llevará a cabo el control de calidad de los materiales y mezclas de inyección.

El CONSTRUCTOR deberá ejecutar sin costo adicional para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ todas las modificaciones y ajustes que se deriven de dicho control. Los ajustes y modificaciones ordenados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ en cualquier tiempo o momento al alcance de los trabajos de inyección mostrados en los planos o establecidos previamente por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, deberán ser ejecutados por el CONSTRUCTOR, quien no tendrá derecho a solicitar modificación a los precios ni a los plazos establecidos en el Contrato, por razón de tales ajustes y modificaciones.

### **821.4.2 Perforaciones**

De acuerdo con los rendimientos requeridos y el plazo previsto para su ejecución, el CONSTRUCTOR deberá suministrar equipo y accesorios de

perforación. El equipo de perforación deberá mantenerse en condiciones óptimas de operación en todo momento.

En los huecos de las perforaciones podrán usarse perforadoras de rotación o de percusión que garanticen buenos acabados en las paredes del hueco a fin de permitir su obturación en cualquier parte del mismo, a opción del CONSTRUCTOR. Las perforadoras deberán tener una capacidad suficiente para perforar huecos con cualquier inclinación y de los diámetros y a las profundidades que indique la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ

#### 821.4.3 Perforaciones para micropilotes

Las perforaciones para los micropilotes, se deberán ejecutar con varillaje o barras según lo especificado en planos, en acero de grano fino que no incluya rosca redonda. Las perforaciones se deberán profundizar como mínimo 2.00 m por debajo de los niveles de roca o material competente encontrados.

#### 821.4.4 Registros

El CONSTRUCTOR deberá llevar un registro completo de las operaciones de perforación de acuerdo con la identificación de los huecos perforados, incluyendo toda la información obtenida de los núcleos de roca y ensayos de agua a presión, copias de las cuales deberá entregar diariamente. Además, el CONSTRUCTOR deberá prestar a la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ toda la colaboración que ésta requiera para la inspección de los trabajos y su control. La presencia de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, y las labores que ésta desarrolle para el registro y control, no eximen al CONSTRUCTOR de su responsabilidad por la ejecución, control y registro a que está obligado. El CONSTRUCTOR deberá llevar los registros de acuerdo con las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y en formatos aprobados por ésta.

Todas las inyecciones a presión deberán ser ejecutadas bajo la directa y permanente supervisión de personal especializado del CONSTRUCTOR, y deberán seguir los procedimientos generales que se dan en este numeral. Las presiones de inyección podrán variar con el tipo de inyección y con las condiciones del hueco respectivo. La disposición del equipo de inyección deberá ser tal que se asegure una circulación continua de la lechada a

través del sistema y permita un control exacto de las presiones.

Adicionalmente, será necesario contar con válvulas de purga instaladas en el sistema de tuberías de inyección y específicamente a la entrada de cada hueco, con el fin de purgar periódicamente el agua y la suspensión de baja concentración que se va formando durante el proceso de tal forma que se garantice que la suspensión que penetra tiene las características especificadas. Además de mantener la lechada en circulación, se deberá lavar el sistema periódicamente con agua con el fin de que el equipo y las tuberías no se atasquen. Toda la lechada que permanezca dentro de la mezcladora, el tanque o la tubería por un período mayor de 60 minutos después de haber sido mezclada, se deberá desechar, excepto cuando se empleen, previa aprobación, aditivos retardadores del fraguado. En este caso, se fijará el tiempo de acuerdo con la clase de retardador.

Para la ejecución de la inyección, el equipo principal y las conexiones deberán disponerse en la siguiente forma:

- La mezcla deberá suministrarse al tanque agitador, el cual deberá ubicarse a una distancia no superior a 50 m de la perforación. Esta distancia puede ser aumentada si se demuestra que no hay efectos adversos. A la salida del tanque agitador deberá disponerse un manómetro de lectura directa.
- La línea desde el tanque agitador se deberá conectar mediante una T a la tubería que va al hueco de inyección. La tubería de inyección deberá proveerse con una válvula, un manómetro de lectura directa y una válvula de purga. La primera válvula servirá para mantener la presión en la perforación cuando se suspenda el suministro de la mezcla. La otra salida de la T se deberá conectar a la línea de retorno al tanque agitador a través de una válvula que servirá para regular la presión de inyección.

Exhumación de micropilotes inyectados. Cuando se juzgue necesario, se hará la exhumación de los micropilotes para hacer la verificación de su estado y dimensiones.

Ensayos a tensión en los micropilotes. Como una manera de controlar la calidad del trabajo se deberán hacer ensayos de tensión (pull-out) a juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ con el fin de hacer las

verificaciones a la lechada inyectada.

#### 821.4.5 Terminación la inyección

En las inyecciones en los micropilotes, se permitirá necesariamente que la lechada aflore en superficie, ya que éste es el indicador de terminación de la misma.

Cuando un tramo absorbe cantidades grandes de lechada espesa sin que aumente la presión, el CONSTRUCTOR podrá utilizar, previa aprobación, mortero con acelerantes de fraguado.

#### 821.4.6 Reparación y limpieza

Después de completar las inyecciones el CONSTRUCTOR deberá retirar todas las boquillas y conexiones para aplicación de lechada. Ningún tubo o conexión que se deje empotrado deberá sobresalir de la superficie. Todos los huecos y depresiones que resulten de esta operación en las superficies de concreto deberán ser llenados con mortero de consistencia seca, u otro mortero indicado en la obra. El CONSTRUCTOR deberá disponer de medios para retirar toda el agua de lavado y la lechada que se derrame durante la inyección.

#### 821.4.7 Registros de las inyecciones

El CONSTRUCTOR deberá llevar registros de todas las operaciones de inyección, que incluirán el tiempo empleado en cada operación y entre operaciones en la ejecución de la inyección, los cambios de las relaciones agua-cemento, las cantidades de aditivos y en general de los distintos materiales y otros datos que puedan considerarse necesarios. Por otra parte, el CONSTRUCTOR deberá llevar registros continuos o a intervalos cortos de la presión, caudal y volumen inyectados, como base del método de inyección. El hecho de que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ lleve sus propios registros no eximirá al CONSTRUCTOR de ninguna de sus obligaciones.

En general, el CONSTRUCTOR deberá hacer un informe detallado de inyección para cada tramo inyectado y para cada tipo de inyección. Estos informes deberán ser entregados a la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL

CAFÉ una vez finalice la inyección en ellos se deberá incluir:

- Identificación de la perforación.
- Posición del nivel freático.
- Tramo inyectado.
- Fechas y horas del principio y fin de la operación.
- Procedimiento detallado y etapas de las inyecciones.
- Posición del, o de los obturadores.
- Resultados de los ensayos de agua e inyección previos a la inyección, si se efectuaron.
- Características de la lechada.
- Variación de la presión, caudal y volumen inyectado con el tiempo.
- Fugas y otras anomalías observadas y su tratamiento.

## **821.5 MEDIDA**

La parte de la obra por ejecutar a los precios unitarios correspondientes a este numeral, consistirá en la ejecución de todo lo requerido para llevar a cabo los micropilotes con barras autoperforantes y deberá incluir el suministro de todos los materiales, instalaciones, equipo, mano de obra, limpieza de la zona de los trabajos, manejo de aguas, herramientas, todos los costos generados por el cumplimiento de lo estipulado en las especificaciones ambientales y en las de seguridad industrial y salud ocupacional, y todos los trabajos y costos en que deba incurrir el CONSTRUCTOR para la completa y correcta ejecución de los trabajos especificados y que no sean objeto de medida y pago por separado. El CONSTRUCTOR deberá incluir dentro de sus precios para todos los ítems, los costos por administración e imprevistos, así como sus utilidades (AIU).

### **821.5.1 Trabajos que no tendrán medida ni pago por separado**

No habrá medida ni pago por separado por las siguientes partes de la obra relacionada con los micropilotes, cuyo costo deberá estar incluido en los precios unitarios de los ítems del presente artículo cotizados por el CONSTRUCTOR:

- Suministro, instalación, mano de obra, y mantenimiento de todas las tuberías y accesorios que no quedarán como parte integral de la obra pero que se requieren para la ejecución correcta del trabajo.

- Suministro, traslado e instalación de los equipos para la ejecución de las perforaciones y suministro de mano de obra, herramientas y repuestos y mantenimiento de los equipos, etc.
- Suministro, traslado e instalación de los equipos para ejecución de inyecciones y suministro de mano de obra, herramientas y repuestos y mantenimiento de los equipos de inyección, la conexión a las perforaciones, el lavado de las perforaciones, el suministro de cemento, arena, y aditivos para la lechada de inyección y los demás materiales y operaciones requeridas para ejecutar las inyecciones que se indiquen en estas especificaciones o que le sean ordenadas en la obra.
- Suministro, traslado e instalación de los equipos para ejecución de ensayos y suministro de materiales, mano de obra, herramientas y repuestos para dichos equipos y mantenimiento de los mismos, y otros trabajos necesarios para realizar los ensayos.
- La unidad de medida para el pago de los micropilotes será la longitud en metros (m) a lo largo del hueco perforado, con aproximación al décimo de metro, hasta la profundidad especificada. No se medirán, para efectos de pago, las longitudes de tubería o varillaje a través de las cuales se hagan las perforaciones e inyecciones.
- La unidad de medida para el pago del suministro de cemento Portland para las inyecciones y para los aditivos realmente inyectados será el kilonewton (kN), con aproximación al centésimo, e incluirá el suministro de todos los equipos requeridos para ejecutar adecuadamente la actividad. Si se ordena al CONSTRUCTOR la utilización de arena en las inyecciones de lechada, un metro cúbico de arena será equivalente, para efectos de pago, a 13,2 kN de cemento.

## **821.6 PAGO**

Los precios unitarios propuestos para las perforaciones y ejecución de los micropilotes con barras autoperforantes, hasta la profundidad especificada deberán incluir:

- Todos los costos tales como la perforación de los huecos, el suministro, el traslado e instalación de equipos, el suministro de los materiales, transporte, herramientas, incluyendo el varillaje, las brocas y agua técnica y la mano de obra que se requieran para ejecutar estos trabajos.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

- El precio unitario para la labor de perforación de los micropilotes, incluirá las barrenas y la broca perdida, aditamentos que se quedan en la perforación, durante y después de la inyección. No habrá diferencia en el pago de las perforaciones si éstas se ejecutan a través de concreto o roca.

Todos estos trabajos, deberán estar cubiertos en su totalidad por el valor cotizado para el ítem 821-P del formulario de la cotización del CONSTRUCTOR.

El precio unitario propuesto para el suministro del cemento para las inyecciones deberá incluir:

- Suministro, instalación, operación, disponibilidad, mantenimiento y posterior desmontaje de los equipos, la mano de obra y los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos de las inyecciones.
- Los trabajos se pagarán por el peso en kilonewtons del cemento realmente inyectado, según el precio unitario establecido en el contrato para el ítem: Equipos y suministro de cemento para inyecciones de micropilotes con barras autoperforantes.

Los precios unitarios indicados en esta especificación serán la compensación total por los costos en que incurra el CONSTRUCTOR por concepto de materiales, equipos, mano de obra, utilidades, imprevistos y gastos generales para realizar el trabajo de acuerdo con lo señalado en estas especificaciones, lo mostrado en los planos o lo indicado en la obra y recibido a satisfacción. En especial el CONSTRUCTOR incluirá dentro de los precios unitarios cotizados para la ejecución de los micropilotes los costos del suministro, instalación, movilización y operación de todos los equipos de perforación, sus accesorios y herramientas; materiales, lubricantes y combustibles; mano de obra; trabajos de limpieza, protección y mantenimiento; revestimientos requeridos; control de agua requerido para ejecutar los trabajos que se refiere esta especificación y los demás materiales y trabajos necesarios para realizar los micropilotes de acuerdo con lo especificado.

El CONSTRUCTOR deberá tener en cuenta que no habrá pago específico por los costos de las operaciones que se detallan a continuación:

- Lechada utilizada o desperdiciada por anclaje inadecuado de los tubos de inyección, mala conexión, fallas del equipo o descuido del CONSTRUCTOR, mal mezclado o mezclado por períodos mayores de los aprobados. Los volúmenes de lechada que se desperdicien por causas ajenas al CONSTRUCTOR y que no sean de su control, le serán pagados a éste a los precios unitarios acordados en el Contrato.
- Lechada remanente en la planta de mezclas al terminar el proceso de inyección.
- Los computadores, sistemas de computación y todo el sistema de automatización requerido para llevar el control de la trayectoria de las inyecciones.
- Todo el equipo, materiales y mano de obra requeridos para la elaboración de las mezclas y los ensayos de campo para el diseño de las mezclas de lechada y mortero.
- El agua utilizada para cualquier mezcla para inyecciones contempladas en estas especificaciones.
- Todas las operaciones de lavado con agua a presión.
- La mezcla desperdiciada por el CONSTRUCTOR o rechazada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.
- Los aditivos plastificantes y superplastificantes y los utilizados por el CONSTRUCTOR para su propia conveniencia, aunque el uso de tales materiales haya sido aprobado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.
- Todos los huecos que deban abandonarse por taponamientos, derrumbes o cualquier otra causa imputable al CONSTRUCTOR.
- Todos los trabajos necesarios para evacuar las aguas, mezclas o lodos que retornen de las perforaciones durante el proceso mismo de la perforación.
- Todos los demás trabajos que deberá ejecutar el CONSTRUCTOR para cumplir lo especificado en este artículo y que no son objeto de ítems separados de pago.

#### 821.6.1 Requisitos para la medida y pago

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ autorizará la medida y pago de los ítems enumerados en este numeral, cuando el CONSTRUCTOR haya completado a satisfacción de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y todo de acuerdo con estas especificaciones, los siguientes trabajos:

- Entrega de los registros de inyección, de las cantidades de materiales utilizados en cada uno de los huecos ejecutados para inyección.
- Cumplimiento con lo indicado en este Artículo, planos e instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, respecto al rumbo e inclinación, profundidad, longitud, diámetro de los huecos para las perforaciones para micropilotes.

### 821.7 ÍTEM DE PAGO

821-P.1 Micropilote autoperforante d=73mm FU=1900KN	<b>Metro lineal (m)</b>
821-P.2 Micropilote autoperforante d=52mm FU= 950KN	<b>Metro lineal (m)</b>
821-P.3 Micropilote autoperforante d=73mm FU=950KN	<b>Metro lineal (m)</b>
821-P.5 Equipos y suministro de cemento para inyecciones de micropilotes, ejecución de la inyección y pruebas	<b>Kilo newton (KN)</b>
821-P.6 Micropilote autoperforante d=30mm FU=190KN	<b>Metro lineal (m)</b>
821-P.7 Micropilote autoperforante d=103mm FU=3660KN	<b>Metro lineal (m)</b>
821-P.8 Micropilote autoperforante d=103mm FU=2300KN	<b>Metro lineal (m)</b>

## **822 ARTÍCULO 822-P. – EMPRADIZACION 10% DEL ÁREA DEL RELLENO**

### **822.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consistirá en la ejecución de las empradizaciones, mediante la siembra de especies vegetales (pastos) sobre el material procedente de la capa vegetal obtenida en los descapotes. Se sembrarán las especies que sean aprobadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El espesor mínimo de la capa de material de descapote, compactado como se indica más adelante, que forma parte de la empradización será de 0,15 m.

### **822.2 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

- Preparación de las superficies por empradizar. Las superficies que se vayan a empradizar serán perfiladas y, de ellas, se deberán retirar las piedras de tamaño superior a 0,10 m, y los troncos, malezas y demás materiales sueltos indeseables.
- Colocación del suelo orgánico. El suelo orgánico que se empleará en la construcción de las empradizaciones, será el material producto de la operación del descapote que haya sido acumulado en sitios provisionales aprobados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Sólo en el caso en que el suelo almacenado sea insuficiente para esta labor, se podrán evaluar sitios para su obtención, los cuales deberán ser aprobados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.
- El material así seleccionado se cargará y transportará a los sitios que se empradizarán, donde se extenderá, utilizando métodos manuales o mecánicos, para cubrir uniformemente toda el área, con un espesor de 0,15 m, una vez compactado.
- Riego de cal. Al material orgánico así extendido se le regará cal agrícola (carbonato de calcio) para corregir la acidez, a razón de 0,2 kg por metro cuadrado. La cal será dolomítica; la mezcla se hará con rastrillos u otro equipo adecuado, para que haya una mezcla lo más uniforme posible. En el proceso de la mezcla se pulverizarán los terrones grandes de suelo orgánico y se retirarán las piedras, troncos y demás materiales indeseables. En ningún caso la mezcla de cal con el suelo orgánico se hará con humedad excesiva para evitar que se pegue a

- los equipos y poder obtener una mezcla satisfactoria.
- **Compactación.** La mezcla de suelo orgánico y cal, anteriormente descrita, se compactará con dos pases de tractor de oruga, o de cualquier equipo aprobado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.
  - Para la empedradización se podrán emplear métodos de siembra de estolones o de semillas; estas últimas pueden sembrarse al voleo, con mantos o por hidrosembradora. Dichos métodos se aplicarán de manera diferencial, de acuerdo con las características de los sitios, como se describe en el Programa de Revegetalización del Plan de Manejo Ambiental.
  - **Siembra de estolones.** La capa de suelo así preparada se sembrará con estolones de una especie de pasto apropiada para la región, los cuales serán sanos, frescos y con un sistema reticular bien formado.
  - Los estolones se sembrarán a mano, cuando el suelo no esté demasiado húmedo o muy seco, en surcos con una separación no mayor de 0,40 m, en ambas direcciones. Los estolones serán sembrados en el suelo a una profundidad de 0,05 a 0,10 m con una herramienta apropiada.
  - La siembra se hará en tiempo meteorológico adecuado, según aprobación de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Si se requiere riego de agua, el CONSTRUCTOR lo hará hasta la germinación del pasto, con métodos de aplicación aprobados.
  - **Siembra de semilla al voleo:** Se esparcirán al voleo o se sembrarán en surcos, con una separación de 0.30 m entre ellos y 0.10 m de profundidad. El fertilizante se colocará en el surco antes de la siembra y se cubrirá con 0.05 cm de suelo; posteriormente se depositarán las semillas y se cubrirán con la tierra extraída. Las semillas de leguminosas se colocarán en agua, por 24 horas, para facilitar la germinación; después de este tiempo se retirarán y se dejarán secar al aire libre, antes de la siembra.
  - **Siembra de semilla por mantos:** Para garantizar el establecimiento de la vegetación en sitios de pendientes menores que 45° se empleará biomanto (como el 1810 de la Compañía de Empaques o equivalente) y se sembrará al voleo o en los surcos; para pendientes mayores que 45° se empleará agrotexil y la siembra se realizará mediante la aplicación del lodo fértil, el cual se preparará con materia orgánica (gallinaza), suelo orgánico, arcilla, el fertilizante completo y las semillas; la mezcla se colocará sobre el talud y sobre ella el agrotexil.

- El manto (nombre común para el agrotexil y el biomanto) se colocará sin templarlo, para lograr que esté en contacto directo con el suelo, sin realizar traslapo en los agrotexiles, porque se inhibe la germinación. En la parte inferior y superior se trazará una cuneta pequeña para enterrar el manto, anclándolo con grapas, y se cubrirá nuevamente con la tierra removida de la zanja.
- Hidrosiembra: En los taludes de pendientes fuertes donde se alternen la roca y el suelo, se hará riego con hidrosebradora. Para realizar la actividad se preparará, previamente, una mezcla de agua, fertilizante y semilla, y se lanzará sobre el talud cubriendo, con ella, totalmente la superficie. La mezcla deberá mantenerse homogénea para esparcirla en una capa de 0,5 a 2 mm de espesor. Una vez colocada, se recubrirá con el agrotexil para favorecer el establecimiento y desarrollo de las semillas.
- Aplicación de fertilizantes. Una vez que el pasto sembrado manualmente empiece a germinar, se aplicarán fertilizantes formados por una mezcla de partes iguales de Calfos y Urea, en cantidad de 600 kg por hectárea; para esta aplicación el CONSTRUCTOR obtendrá la información requerida del fabricante del abono y la presentará a la consideración de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.
- Podas. Cuando la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ lo ordene, el CONSTRUCTOR realizará el corte del pasto, mediante la utilización de guadañadoras u otro equipo adecuado.
- Mantenimiento. El CONSTRUCTOR deberá mantener las obras de empradización durante todo el período del contrato y fundamentalmente garantizará que el crecimiento exagerado de los pastos no obstaculice el drenaje normal del talud.

### **822.3 MEDIDA**

La medida de la empradización será el área en metros cuadrados, con aproximación al décimo de metro cuadrado, medida sobre la superficie empradizada. El área se obtendrá de acuerdo con las líneas que demarcan los taludes en las secciones originales.

### **822.4 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario establecido en el contrato para el ítem: "Empradización". Dicho precio incluirá los costos de cargue, manejo y

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

transporte del material orgánico, de los sitios de acopio provisional a las áreas por empradizar; la preparación del suelo, el encalado; la siembra de estolones y semillas de las especies vegetales indicadas, el suministro y utilización de fertilizantes y mantos, el riego con agua, las podas y el mantenimiento de la empradización hasta su entrega final.

## **822.5 ÍTEM DE PAGO**

822-P.1 Empradización 10% del área del relleno **Metro Cuadrado (m<sup>2</sup>)**

## **900 ARTICULO 900 TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE EXCAVACIONES Y DERRUMBES**

### **900.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste, única y exclusivamente, en el transporte de los materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos, y el transporte de los materiales provenientes de derrumbes.

Esta especificación no es aplicable al transporte de líquidos, productos manufacturados, elementos industriales, ni al de agregados pétreos, mezclas asfálticas, materiales para la construcción de los pavimentos rígidos, obras de concreto hidráulico y de drenaje.

El contratista incluirá en este ítem todas las actividades correspondientes a la adecuación de los accesos al sitio de depósito, mejoramiento, mantenimiento y/o rehabilitación de vías desde el sitio de corte hasta el sitio de depósito, garantizando que las vías permanecerán en buenas condiciones de transitabilidad tanto para los vehículos utilizados en obra como para los demás vehículos que deban transitar por ellas.

### **900.2 MATERIALES**

#### **900.2.1 Materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos**

Hacen parte de este grupo los materiales provenientes de las excavaciones requeridas para la explanación, canales y préstamos, para su utilización o desecho, a que hace referencia el Artículo 210 “Excavación de la explanación” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Incluye, también, los materiales provenientes de la remoción de la capa vegetal o descapote y otros materiales blandos, orgánicos y objetables, provenientes de las áreas en donde se vayan a realizar las excavaciones de la explanación, terraplenes y pedraplenes.

#### **900.2.2 Materiales provenientes de derrumbes**

Hacen parte de este grupo los materiales provenientes del desplazamiento de taludes o del terreno natural, depositados sobre una vía existente o en construcción, a que hace referencia el Artículo 211 "Remoción de derrumbes" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)

### **900.3 EQUIPO**

Los vehículos para el transporte de materiales estarán sujetos a la aprobación del Interventor y deberán ser suficientes para garantizar el cumplimiento de las exigencias de esta especificación y del programa de trabajo. Deberán estar provistos de los elementos necesarios para evitar contaminación o cualquier alteración perjudicial del material transportado y su caída sobre las vías empleadas para el transporte.

Todos los vehículos para el transporte de materiales deberán cumplir con las disposiciones legales vigentes referentes al control de la contaminación ambiental.

Ningún vehículo de los utilizados por el Constructor para el transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes por las vías de uso público podrá exceder las dimensiones y las cargas admisibles por eje y totales fijadas por las disposiciones legales vigentes al respecto.

### **900.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

#### **900.4.1 Transporte de los materiales**

La actividad de la presente especificación implica solamente el transporte de los materiales a los sitios de utilización o desecho, según corresponda, de acuerdo con el proyecto y las indicaciones del Interventor, quien determinará cuál es el recorrido más corto y seguro para efectos de medida del trabajo realizado.

#### **900.4.2 Manejo ambiental**

Todas las determinaciones referentes al transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes deberán ser tomadas considerando la

protección del medio ambiente y las disposiciones legales vigentes sobre el particular.

En particular, se deberá prestar atención al correcto funcionamiento del equipo de transporte en materia medioambiental y a la correcta utilización de los lugares de vertido de los desperdicios generados por las unidades de obra a las cuales se hace referencia en este Artículo.

## **900.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

### 900.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deberán efectuar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de los vehículos de transporte;
- Comprobar que las ruedas del equipo de transporte que circule sobre las diferentes capas de pavimento se mantengan limpias. El Interventor exigirá al Constructor la limpieza de la superficie en caso de contaminación atribuible a la circulación de los vehículos empleados para el transporte de los materiales. Si la limpieza no fuere suficiente, el Constructor deberá remover la capa correspondiente y reconstruirla de acuerdo con la respectiva especificación, a sus expensas;
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad para el transporte de materiales;
- Determinar la ruta para el transporte al sitio de utilización o desecho de los materiales, siguiendo el recorrido más corto y seguro posible;
- Exigir el cumplimiento de las normas ambientales para el transporte de materiales.

### 900.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Interventor sólo medirá el transporte de materiales autorizados de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y sus instrucciones. Si el Constructor utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada por el Interventor, éste solamente computará la distancia más corta que se haya definido previamente.

Para efectuar la medición del transporte de materiales se requerirá, también, que se hayan efectuado las mediciones de densidad seca o peso unitario seco del material en su posición original; así mismo, si el material transportado es utilizado en la construcción, será necesario medir la densidad seca o el peso unitario seco del material compactado en su posición final.

## **900.6 MEDIDA**

Las unidades de medida para el transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes, serán las que se indican a continuación. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

900.6.1 Materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos

Para el transporte de estos materiales a una distancia entre cien metros (100 m) y mil metros (1000 m), la unidad de medida será el metro cúbico- Estación (m<sup>3</sup>-E). La medida corresponderá al número de metros cúbicos, aproximado al entero, de material transportado medido en su posición original, multiplicado por la distancia de transporte, en estaciones de cien metros (100 m), con aproximación al décimo de estación.

Cuando los materiales deban ser transportados a una distancia mayor de mil metros (1000 m), la unidad de medida será el metro cúbico-kilómetro (m<sup>3</sup>-km). La medida corresponderá al número de metros cúbicos, aproximado al metro cúbico completo, medido en su posición original, y multiplicado por la distancia total de transporte expresada en kilómetros, con aproximación al décimo de kilómetro.

En cualquiera de los dos casos, la distancia de transporte que se computará será la existente entre el centro de gravedad de las excavaciones y el centro de gravedad de los sitios de utilización o disposición, menos los primeros cien metros (100 m), los cuales se establecen como distancia de acarreo libre.

Para los fines de estas especificaciones, se entiende por acarreo libre el que se efectúa desde el sitio de extracción del material hasta una distancia de cien metros (100 m), el cual se considera como parte del concepto correspondiente

a la extracción del material transportado, motivo por el cual no es objeto de medida ni de pago por separado.

Para el caso de materiales que se utilicen en la construcción y deban ser compactados, su volumen se calculará a partir del volumen de material colocado y compactado, en su posición final, multiplicado por la relación entre las densidades secas o los pesos unitarios secos del material compactado y del material en su posición original.

Por densidad seca o peso unitario seco en su posición original se entenderá la (el) que presente el material en el banco en el cual es explotado, razón por la cual no se podrá considerar como tal la densidad seca o el peso unitario seco que presente el material en estado suelto sobre el camión o en acopios intermedios.

#### 900.6.2 Materiales provenientes de derrumbes

La unidad de medida para el transporte de materiales provenientes de derrumbes será el metro cúbico-kilómetro (m<sup>3</sup>-km).

La medida corresponderá al número de metros cúbicos completos, medidos en estado suelto según se indica en el Artículo 211 “Remoción de derrumbes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y multiplicado por la distancia de transporte expresada en kilómetros, con aproximación al décimo de kilómetro.

La distancia de transporte será la existente entre el centro de gravedad del sitio de extracción del derrumbe y el centro de gravedad de los sitios de disposición final, menos cien metros (100 m) de distancia de acarreo libre.

#### **900.7 FORMA DE PAGO**

El pago de las cantidades de transporte de materiales determinadas en la forma indicada anteriormente, se hará al precio unitario pactado en el contrato, por unidad de medida, conforme a lo establecido en este Artículo y a las instrucciones del Interventor.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, equipo, herramientas, acarreo y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos aquí contemplados.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El precio unitario no incluirá los costos por concepto de los diferentes cargues, descargues y disposición del material, los cuales se encuentran incluidos en los precios unitarios de los ítems correspondientes.

Cualquier otro transporte no contemplado en este Artículo deberá ser incluido en el precio unitario del ítem respectivo.

## **900.8 ÍTEM DE PAGO**

900.2 Transporte de materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos para distancias mayores de mil metros (1.000 m) **Metro cúbico por kilometro (m<sup>3</sup>.km)**



Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y  
diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1  
del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

# SEDIC

Anexo 03

## **920 ARTÍCULO 920-P. CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN EN ZONAS DE DEPÓSITO**

### **920.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la nivelación y compactación del terreno que ha de servir de depósito de materiales de cortes, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, eventual descapote y retiro de materiales inadecuados; drenaje y subdrenaje; y la colocación, conformación y compactación de los materiales provenientes de cortes, según los planos del diseño del depósito y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. También incluye la adecuación de accesos al sitio de depósito y el mejoramiento, mantenimiento y/o rehabilitación de vías desde el sitio de corte hasta el sitio de depósito.

Para la especificación 920-P.1 se debe tener en cuenta que incluye la compensación a terceros por cultivos y/o utilización del sitio de depósito.

### **920.2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO**

Los trabajos de conformación de los depósitos se deberán efectuar de acuerdo con el programa de trabajo, al ritmo de ejecución de los cortes de donde proviene el material a depositar y de acuerdo con las órdenes de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### **920.2.1 Preparación del terreno**

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ determinará si el terreno base para el depósito, debe ser descapotado y limpiado. Si hay materiales clasificados como inadecuados, estos deberán ser retirados del sitio. Si se debe descapotar, este material vegetal deberá depositarse provisionalmente en sitios apropiados, para ser colocados sobre la superficie del depósito conformado, para obtener una capa con características de fertilidad para la siembra de grama, lográndose así una superficie estable y de posible uso agrícola.

En algunos casos podría ser necesaria la construcción de subdrenajes, y su construcción estará regida por la especificación correspondiente de "Subdrenes con geotextil y material granular".

## 920.2.2 Construcción del cuerpo del depósito

### **Cuerpo del depósito**

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ sólo autorizará la colocación de materiales cuando el terreno base esté preparado, según se indica en el numeral anterior.

El material del depósito se colocará en capas aproximadamente paralelas y de espesor uniforme, para que, con los equipos disponibles, se obtenga la compactación exigida.

El espesor no deberá ser mayor a treinta centímetros (30 cm), antes de la compactación, salvo que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ autorice un espesor diferente. No se extenderá otra capa, hasta que no se haya comprobado que la subyacente cumpla con la compactación exigida.

Será responsabilidad del CONSTRUCTOR asegurar un contenido de humedad que garantice la compactación exigida en el depósito.

La densidad exigida será como mínimo el 80% de la correspondiente Próctor Modificado, pero esta exigencia podrá reemplazarse por la que sea conseguida con tres pasadas de un buldócer tipo D-6, sobre una capa de 30 cm, pero la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ podrá variar esta exigencia a su juicio, dependiendo de los materiales a depositar y condiciones de humedad al momento de colocar los materiales.

El trabajo de compactación se debe realizar comenzando desde los bordes del depósito, avanzando hacia el centro con pasadas paralelas traslapadas por lo menos la mitad del ancho del equipo compactador.

## 920.2.3 Acabado de la corona del depósito

Salvo que los planes del proyecto o las especificaciones establezcan algo diferente, la corona del depósito deberá tener un espesor compacto de 30 centímetros (30 cm), construidos con materiales seleccionados o adecuados, que para este caso del proyecto del Aeropuerto del Café; estos suelos para conformación de las capas finales serán cenizas volcánicas que se han

separado de los otros suelos y sobre éstas, la tierra vegetal extraída del piso del depósito y la cual se ha reservado en área aledaña a la construcción. Siguiendo este proceso, el depósito tendrá una apariencia agradable, con grama natural, y aún podrá tener utilización agrícola.

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén deberá estar bien compactada y nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de las aguas lluvias sin peligro de erosión.

#### 920.2.4 Estabilidad

El CONSTRUCTOR responderá, hasta la aceptación final, por la estabilidad de los depósitos construidos a su cargo, y asumirá todos los gastos que resulten de sustituir cualquier porción del depósito, que a juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, presente defectos constructivos o deterioros atribuibles a descuido o negligencia del CONSTRUCTOR.

#### 920.2.5 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a la construcción de depósitos deberán considerarse para la protección del medio ambiente vigente en la actualidad. En particular, se deberá prestar atención al correcto funcionamiento del sistema de drenaje y la protección vegetal de la superficie del depósito para evitar la erosión y el arrastre de partículas sólidas.

### **920.3 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos ofrecidos por el CONSTRUCTOR.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo propuestos y aceptados.
- Vigilar el cumplimiento del programa de trabajo.
- Verificar la compactación de todas las capas del depósito.
- Realizar mediciones para determinar espesores, levantar perfil y

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

comprobar las cotas de la superficie.

### **Calidad del producto terminado**

Cada capa terminada de depósito deberá presentar una superficie uniforme, con las pendientes especificadas, sin irregularidades visibles.

No se tolerará en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

Se verificará la compactación de las diferentes capas del depósito. Se define como “lote”, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho del depósito.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) en el caso de capas de corona o cinco mil metros cuadrados (5000 m<sup>2</sup>) en el resto de las capas.
- El volumen construido con el mismo material, del mismo corte y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca en el terreno de cada capa se realizarán al azar, según la norma de ensayo INV E-730. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

En el control de la compactación de una capa de depósito, se deberá seguir la metodología estadística descrita en el numeral 220.5.2. a. Calidad del producto terminado, compactación, del Artículo 220 “Terraplenes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **920.4 MEDIDA**

La unidad de medida para los volúmenes de depósito será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al metro cúbico completo, de material compactado, aceptado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, en su posición final.

Todos los depósitos serán medidos por los volúmenes determinados con base en las áreas de las secciones transversales, antes y después de ser

ejecutados los trabajos de depósitos

## **920.5 FORMA DE PAGO**

El trabajo de depósito se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir los costos de escarificación, nivelación, conformación, compactación y demás trabajos preparatorios de las áreas donde se haya de construir un depósito nuevo; deberá cubrir, además, la colocación, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación de los materiales utilizados en la construcción de depósitos; y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los depósitos de acuerdo con esta especificación, los planos y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario también debe cubrir los costos correspondientes a la adecuación de los accesos al sitio de depósito, mejoramiento, mantenimiento y/o rehabilitación de vías desde el sitio de corte hasta el sitio de depósito, garantizando que las vías permanecerán en buenas condiciones de transitabilidad tanto para los vehículos utilizados en obra como para los demás vehículos que deban transitar por ellas.

Para el ítem 920. P1 se incluye la compensación a terceros por cultivos y/o por utilización de sitios de depósito, para lo cual la Asociación Aeropuerto del café ya tiene previamente los acuerdos económicos suscritos con los propietarios de dichos sitios, que serán de obligatorio cumplimiento por parte del contratista de la obra y que están incluidos en el APU correspondiente.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del CONSTRUCTOR.

Habrá pago separado para los diversos ítems en los Artículos 200, “Desmonte y limpieza” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); 201, “Demolición y remoción” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), 671 “Cunetas revestidas en concreto” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y 673 “Subdrenes con geotextil y material granular” (Instituto

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

El transporte de los materiales de corte que conformarán los depósitos, se pagará de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 900, “Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **920.6 ITEMS DE PAGO**

920-P.1 Conformación y compactación en zonas de depósito (Incluye compensación a terceros por cultivos y/o utilización del sitio del depósito, adecuación de accesos, mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de vías)  
**Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

920-P.2 Conformación y compactación en zonas de depósito (incluye adecuación de accesos, mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de vías)  
**Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

## 950 ARTÍCULO 950-P. CAPA DE ARENA INTERMEDIA

### 950.1 CONSTRUCCIÓN DEL CUERPO DEL DEPÓSITO

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ sólo autorizará la colocación de materiales cuando el terreno base esté preparado, según se indica en el numeral anterior.

#### 950.1.1 Capas drenantes intermedias

Éstas se colocarán cada metro de acuerdo con los esquemas presentados en los planos, o lo recomendado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Éstas tendrán espesores de 0.10 m y estarán constituidas por arena de río sin clasificar.

#### 950.1.2 Manto de drenaje en contacto con la cimentación

Este manto cubrirá toda el área en planta de los depósitos. Tendrán un espesor de 0.60 m; el material será proveniente de los aluviones del río Chinchiná y tendrá la siguiente granulometría.

Tabla 65 Granulometría para manto de drenaje

TAMIZ	% PASA
2	100
¾"	75 -100
3/8"	55 – 85
# 4	40 – 65
# 10	25 - 45
# 40	0 - 25
# 60	0 - 15
# 200	0

### 950.2 MEDIDA

La unidad de medida para las capas drenantes de arena será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al metro cúbico completo, de material compactado, aceptado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, en su posición final.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

Todos los depósitos serán medidos por los volúmenes determinados con base en las áreas de las secciones transversales, antes y después de ser ejecutados los trabajos de depósitos

## **950.1 FORMA DE PAGO**

El trabajo de depósito se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del CONSTRUCTOR.

Habrá pago separado para los diversos ítems en los Artículos 200, “Desmonte y limpieza” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); 201, “Demolición y remoción” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013); 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), 671 “Cunetas revestidas en concreto” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y 673 “Subdrenes con geotextil y material granular” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **950.2 ITEM DE PAGO**

950-P.1 Suministro transporte e instalación de capa de arena intermedias **Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)**

950-P.2 Suministro, transporte e instalación de manto de drenaje **Metro cúbico (m<sup>3</sup>)**

## **960 ARTÍCULO 960-P.1 SIKAGUARD-61 RECUBRIMIENTO PROTECTOR EPÓXICO APLICABLE EN ELEMENTOS DE CONCRETO BAJO AGUA O PRODUCTO EQUIVALENTE**

### **960.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consistirá en la aplicación de un recubrimiento protector a elementos de concreto que estén bajo agua.

### **960.2 MATERIALES**

Recubrimiento protector epóxico.

### **960.3 EQUIPOS**

- Fresadora
- Hidrolavadora
- Herramienta menor

### **960.4 EJECUCIÓN DE OS TRABAJOS**

#### 960.4.1 Procedimiento de ejecución:

- Preparación de la superficie: La superficie debe estar sana y limpia, libre de partes sueltas, contaminación de aceites, lechada de cemento, algas, caracoles, pintura u otras sustancias extrañas. Método de limpieza Chorro de arena (en zona de marea), chorro de agua a alta presión, piqueta, grata neumática, etc.
- Preparación del producto: Agite los dos componentes por separado antes de mezclar. Vierta el Componente B sobre el Componente A y mezcle manualmente o con taladro de bajas revoluciones (máximo 400 r.p.m.), hasta obtener un color uniforme evitando incluir aire.

#### 960.4.2 Aplicación:

El producto se debe aplicar inmediatamente después de terminar la limpieza de la superficie para evitar que se adhieran de nuevo algas o materiales extraños. Se aplica en dos capas con brocha. Se sugiere usar los dos colores

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

disponibles para hacer control de las capas. La brocha o el rodillo se deben saturar con producto antes de sumergirlos en agua, para el caso de aplicaciones sumergidas. Aplicar la segunda capa tan pronto haya secado al tacto la primera (aproximadamente 4 horas a 20°C).

## **960.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

960.5.1 Tratamiento de curado

No requiere

960.5.2 Consumo

Aprox. **400-500 g/m<sup>2</sup> (0,4-0,5 Kg/m<sup>2</sup>)** por capa dependiendo de la rugosidad de la superficie

960.5.3 Tolerancias para aceptación:

Adecuado cubrimiento de la superficie a reparar

960.5.4 Otras normas y especificaciones:

- Manuales, recomendaciones y hoja técnica del Fabricante.

## **960.6 MEDIDA**

La medida es kg

## **960.7 FORMA DE PAGO**

Se cancelará por Kilogramo aplicado. Incluye preparación de la superficie e imprimantes.

## **960.8 ÍTEM DE PAGO**

960-P.1 Sikaguard -61 recubrimiento protector epóxico aplicable en elementos de concreto bajo agua ó producto equivalente **Kilogramos (Kg)**

## **960 ARTÍCULO 960-P.2 SIKATOP - 122 - MORTERO DE REPARACIÓN, MODIFICADO CON POLÍMEROS, PARA REPARACIONES ESTRUCTURALES O PRODUCTO EQUIVALENTE**

### **960.1 DESCRIPCIÓN**

Es un mortero cementoso modificado con resina acrílica, de dos componentes, de consistencia pastosa, con altas resistencias mecánicas y gran adherencia al soporte, especialmente diseñado para reparaciones en elementos estructurales de concreto.

#### 960.1.1 Descripción:

- Como mortero de reparación o nivelación en estructuras de concreto, tales como: vigas, columnas, postes, graderías, pilotes, tuberías, etc.
- Especialmente indicado para reparaciones de gran espesor, en superficies verticales o sobre cabeza.
- Como recubrimiento de gran adherencia, impermeable, resistente al desgaste y con altas resistencias mecánicas para la protección, reparación y mantenimiento de obras hidráulicas, galerías y túneles. Para la reparación de pisos con altas exigencias mecánicas.
- Para juntas de albañilería de gran resistencia y relleno de hormigueros.

### **960.2 MATERIALES**

- Mortero de reparación
- Punte de adherencia para mortero epóxico

### **960.3 EQUIPOS**

- Fresadora
- Hidrolavadora
- Herramienta menor

### **960.4 EJECUCIÓN DE OS TRABAJOS**

- **En Concreto/Mortero:**

La superficie debe estar rugosa, sana, limpia (libre de grasa, polvo, lechada de cemento u otras sustancias extrañas). Antes de la aplicación del producto se debe saturar la superficie con agua, evitando empozamientos. El perfil de la superficie debe ser mínimo tipo CSP-5 conforme a la Guía No. 03732 del ICRI. Conformación del área a reparar según recomendación de la Guía No. 03730 del ICRI.

- **Acero de refuerzo:**

El acero de refuerzo preferiblemente debe ser preparado por limpieza mecánica removiendo y retirando todos los vestigios de óxido. Grado de limpieza mínimo hasta grado comercial (SSPC-SP 6). Cuando la corrosión ocurre en presencia de cloruros, el acero puede ser lavado con agua a alta presión después de la limpieza mecánica para retirar incrustaciones de sal remanentes. Para mejorar la adherencia del acero de refuerzo usar SikaTop Armatec-110 EpoCem o SikaTop Armatec 108 (consultar hoja técnica).

960.4.1          Aplicación:

El área de aplicación debe ser imprimada previamente con una pequeña cantidad del mismo producto, frotándolo fuertemente contra la superficie con la mano enguantada. Espere entre cinco y diez minutos y proceda a la aplicación del producto en capas sucesivas de máximo 2 cm hasta completar el espesor deseado. Después de aplicar una capa deje la superficie rugosa y espere aproximadamente 20 minutos antes de colocar la siguiente. El afinado se hace con llana metálica o de madera, según el acabado deseado.

Después de aplicar una capa, deje la superficie rugosa y espere aproximadamente 20 minutos antes de colocar la siguiente. El afinado se hace con llana metálica o de madera, según el acabado deseado.

El agregado debe ser no reactivo (ASTM C-1260, C-227, C 289) limpio, bien gradado, saturado superficialmente seco, tener baja absorción y alta densidad y cumplir con ASTM C33. No usar agregado calizo.

## **960.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

960.5.1          Tratamiento de curado:

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Se hará inmediatamente después de la aplicación, con Antisol Blanco o con agua.

#### 960.5.2 Consumo

Aproximadamente **6,6 kg/m<sup>2</sup>** para el espesor mínimo de 3 mm.  
Aproximadamente **2,2 kg** por cada litro de relleno.

#### 960.5.3 Ensayos a realizar:

Adherencia.

#### 960.5.4 Tolerancias para aceptación:

Adecuado cubrimiento de la superficie

#### 960.5.5 Otras normas y especificaciones:

Manuales y recomendaciones y hoja técnica del Fabricante.

### **960.6 MEDIDA**

La medida es kg

### **960.7 FORMA DE PAGO:**

Se cancelará por Kilogramo aplicado. Incluye preparación de la superficie e imprimantes.

### **960.8 ÍTEM DE PAGO**

960-P.2 SIKATOP – 122 Mortero de reparación, modificado con polímeros, para reparaciones estructurales o producto equivalente **Kilogramo (Kg)**

## **970 ARTÍCULO 970-P.1. SUMINISTRO TRANSPORTE E INSTALACIÓN TAPA CIRCULAR D=0.6 M PARA CÁMARA DE INSPECCIÓN F900**

### **970.1 DESCRIPCIÓN**

#### 970.1.1 Generalidades

Esta especificación tiene como propósito establecer los requisitos técnicos que deben cumplir las tapas metálicas de seguridad que se utilizan en el acceso a las cámaras de inspección de las redes del sistema de drenaje de la franja de pista del aeropuerto del café, así como el anclaje a la cámara de inspección.

Los requisitos técnicos de esta especificación aplican únicamente para las tapas metálicas de seguridad de diámetro libre igual a 600 mm y cuya instalación se realiza mediante anclaje a la estructura de concreto de las cámaras.

### **970.2 MATERIALES**

- Tapa y marco deben ser fabricados en hierro nodular (HD) acorde con la norma ISO 1083 / EN1563 Fundición EN GE 500-7 con una matriz perlítica y sin presencia de carburos, lo cual garantiza una gran resistencia al impacto y a deformaciones.
- Concreto  $f'c = 28$  MPa
- Barras de refuerzo No. 3 ( $\varnothing 3/8"$ )  $f_y = 420$  MPa
- Estribos No. 2 ( $\varnothing 1/4"$ )  $f_y = 420$  MPa
- Anclaje epóxico

#### 970.2.1 Capacidad de carga Categoría 6 (clase mín. F 900):

Zonas sometidas a cargas particularmente elevadas, según la norma EN124: 1994.

#### 970.2.2 Peso:

- Tapa: 67,2 kg
- Marco: 109,6 kg
- Total: 176,8 kg

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

#### 970.2.3 Dimensiones:

- Dimensiones exteriores (con marco): 850 mm x 850 mm
- Apertura útil: 600 mm
- Altura total: 100 mm

El ala de la tapa debe tener estructuras monolíticas como agujeros o ganchos que permitan su apertura y cierre con herramientas o accesorios, y desde una posición de pie. No se aceptan diseños en donde el accesorio para el alce sea la misma llave de operación.

El ala de la tapa tiene un ángulo mínimo de apertura de 90° y cuenta con un sistema de autobloqueo o bloqueo seguro al posicionarla entre 90° (para evitar cierres accidentales) y 120° (a 120° se extrae la tapa).

El marco de la tapa debe ser cuadrado.

En el asiento del marco, donde se apoya la tapa, debe tener un empaque elastomérico perimetral en los 360° de la circunferencia. El empaque debe tener dimensiones acordes al ancho del asiento, asegurando que la tapa asiente completamente sin quedar sobresaliente o levantada con respecto al borde superior del marco.

El marco debe contar con orificios que permitan la fijación y anclaje al concreto de la caja o la cámara.

#### 970.2.4 Requisitos técnicos de acabados y recubrimiento

Las piezas que conforman la tapa y marco deben tener una superficie uniforme libre de: abolladuras, depresiones, protuberancias, porosidades, fisuras, grietas, cortes discontinuos, rebabas, incrustaciones y aristas vivas.

El recubrimiento interior y exterior debe ser de color negro mate, hidrosoluble, no tóxico, no inflamable y no contaminante.

La superficie del ala deberá tener un acabado antideslizante en forma de L transversales.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

## 970.2.5 Rótulo

La tapa o marco deben ir marcados con (Según UNE-EN 124):

- EN 124 (como marca de esta norma europea)
- Clase: F900
- Nombre o sigla del fabricante
- Marca de organismo de certificación Autorizado

## 970.2.6 Requisitos técnicos de desempeño

- Apta para ser instalada en zonas de tráfico extra pesado.
- Resistencia a flexo compresión igual o mayor a 900 kN sin presentar ningún tipo de daño, fisuras, grietas, delaminaciones, ni rotura en su estructura, al ser probada bajo la norma UNE-EN 124.

## 970.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 970.3.1 Instalación

La tapa deberá quedar anclada a la estructura de concreto de la cámara de inspección.

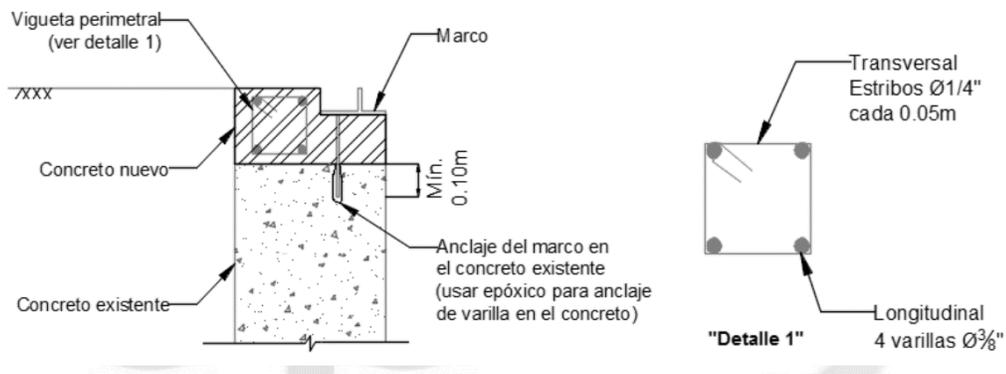
Se debe tener en cuenta en el momento del vaciado del concreto de los muros de la cámara de inspección que el marco de la rejilla quede correctamente embebido y anclado. Para lo anterior, el marco de la tapa debe contar en sus esquinas o laterales con aletas o ganchos de acero u otro material que permitan el anclaje al concreto. Adicionalmente, la tapa y su marco debe contar con un apoyo uniforme en todos sus lados, evitando que ésta quede en voladizo y se presenten deformaciones excesivas en la tapa.

Previo al vaciado del concreto nuevo, se debe realizar el armado de cuatro viguetas perimetrales que conforman un marco, las cuales son de sección cuadrada 0.20 x 0.20m conformada por cuatro varillas de  $\phi 3/8$ " longitudinales y estribos  $\phi 1/4$ " espaciados cada 0,05 m. Se debe tener un recubrimiento mínimo de 0.025m.

Adicionalmente, se debe instalar y nivelar el marco de la tapa con sus respectivos anclajes. Dichos anclajes pueden realizarse mediante varillas de

φ3/8" que se encuentren soldadas al marco de la tapa o unidas a éste mediante un gancho en "U" o un perno que permita fijar el marco al concreto de la pared de la cámara. La varilla debe quedar anclada al concreto existente mínimo una longitud de 0.10 m, empleando una resina epóxica de anclaje.

Finalmente, se debe realizar el vaciado del concreto perimetral de los los muros, el cual debe tener una resistencia de 28 MPa.



### 970.3.2 Elaboración del concreto

El Constructor deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborarla con la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 630.4 del Artículo 630, "Concreto estructural" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### 970.3.3 Curado del concreto

El curado de las vigas de concreto fundidas en el lugar se realizará atendiendo las instrucciones contenidas en el numeral 630.4.15 del Artículo 630 "Concreto estructural" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### 970.3.4 Limpieza final

Al terminar la obra y antes de la aceptación definitiva del trabajo, el Constructor deberá retirar del sitio de las obras todos los materiales excavados o no utilizados, desechos, sobrantes, basuras y cualquier otro elemento de similar característica, restaurando en forma aceptable para el Interventor toda propiedad pública o privada que pudiera haber sido afectada durante la

ejecución de este trabajo, y dejando el lugar limpio y presentable. El material retirado se deberá depositar en un sitio aprobado por el Interventor.

#### 970.3.5 Limitaciones de la ejecución

Rigen las mismas indicadas en el numeral 630.4.18 del Artículo 630, “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **970.4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 970.4.1 Controles

En adición a los descritos en el numeral 630.5.1 del Artículo 630, “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), el Interventor deberá exigir que la superficie de apoyo quede correctamente acondicionada, antes de colocar la formaleta y verter el concreto.

#### 970.4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### 970.4.2.1 Aspectos generales

El Interventor sólo aceptará vigas para el anclaje del marco cuya forma corresponda a la indicada en los planos y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en los planos o autorizadas por él por encima de las tolerancias indicadas en el presente Artículo.

##### 970.4.2.2 Calidad del concreto

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4, respectivamente, del Artículo 630, “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013)

En relación con la calidad de la mezcla, se aplicará lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del mismo Artículo, excepto lo pertinente a la ejecución de pruebas de carga a expensas del Constructor. En consecuencia, si en caso de discusión, la resistencia de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resulta satisfactoria, el Interventor rechazará las piezas o el tramo representado por dichos núcleos.

## **970.5 MEDIDA**

La unidad de medida será la unidad (un).

## **970.6 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, transporte e instalación de tapa circular en la cámara de inspección; la elaboración, el suministro, la colocación y el retiro de formaletas cuando corresponda; la explotación de agregados, incluidos todos los permisos y derechos para ello; el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, su diseño, elaboración, descargue, transporte, entrega, colocación, vibrado y curado; la manufactura, el transporte, la entrega en obra y la correcta instalación de las piezas prefabricadas de concreto; el suministro de materiales, la elaboración y la colocación de la resina epóxica de anclaje requerido para el anclaje del marco de la tapa a la cámara; la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos; la limpieza final del sitios de las obras; todo equipo y mano de obra requeridos para la elaboración y terminación de las vigas y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Solamente habrá pago separado, si se requiere, por concepto del suministro y colocación del acero de refuerzo en las cunetas vaciadas in situ, actividad que se pagará bajo el Artículo 640 “Acero de refuerzo” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

En relación con la conformación de la superficie de apoyo, se considera cubierta por el Artículo 210, “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), o por el Artículo 310, “Conformación de la calzada existente” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por dicho concepto, salvo que una o ambas actividades no estén comprendidas en el mismo contrato, caso en el cual su costo se deberá incluir dentro del precio unitario de la cuneta

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

revestida en concreto. En el caso de los descoles, la preparación de la superficie quedara cubierta por el Artículo 600, “Excavaciones Varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **970.7 ÍTEM DE PAGO**

970-P.1 Suministro transporte e instalación tapa circular D=0.6 m para cámara de inspección F900

**Unidad (un)**

## **970 ARTÍCULO 970-P-2. SUMINISTRO TRANSPORTE E INSTALACIÓN REJA PARA CÁRCAMO APERTURA LIBRE 1000 MM X 450 MM, F900**

### **970.1 DESCRIPCIÓN**

Esta especificación tiene como propósito establecer los requisitos técnicos que deben cumplir las rejas que se utilizan para los cárcamos pertenecientes a la red del sistema de drenaje de la franja de pista del aeropuerto del café, así como el anclaje al cárcamo.

Los requisitos técnicos de esta especificación aplican únicamente para las tapas metálicas de seguridad de diámetro libre igual a 600 mm y cuya instalación se realiza mediante anclaje a la estructura de concreto de las cámaras.

### **970.2 MATERIALES**

- Rejilla y marco deben ser fabricados en hierro nodular (HD) acorde con la norma ISO 1083 / EN1563 Fundición EN GE 500-7 con una matriz perlítica y sin presencia de carburos, lo cual garantiza una gran resistencia al impacto y a deformaciones.
- Concreto  $f'c = 28$  MPa
- Barras de refuerzo No. 3 ( $\varnothing 3/8$ " )  $f_y = 420$  MPa
- Estribos No. 2 ( $\varnothing 1/4$ " )  $f_y = 420$  MPa
- Anclaje epóxico.

970.2.1 Capacidad de carga Categoría 6 (clase mín. F 900):

Zonas sometidas a cargas particularmente elevadas, según la norma EN124: 1994.

970.2.2 Peso:

- Rejilla: 100 kg
- Largueros (x 2): 32 kg/total
- Total: 132 kg

970.2.3 Dimensiones:

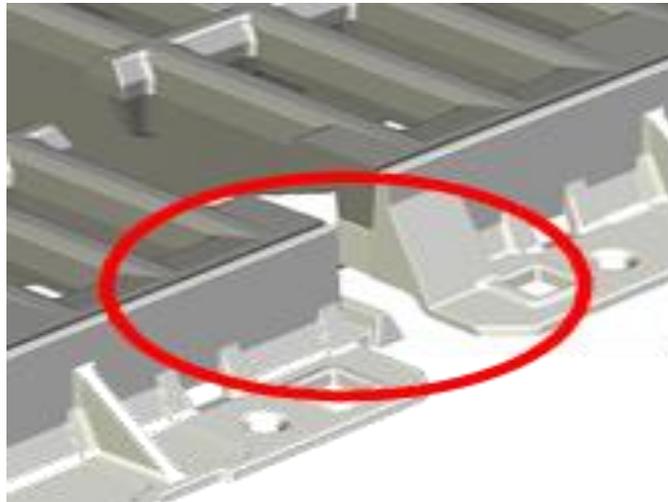
- Dimensión total con largueros (apoyos): 1000 x 730 mm

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

- Rejilla: 1000 x 555 mm
- Apertura útil: 1000 x 450 mm
- Profundidad de encastre de la rejilla: 54 mm
- Altura total con largueros: 100 mm
- Ancho de apoyo de los largueros de cada lado: 135 mm.

#### 970.2.4 Requisitos técnicos de acabados y recubrimiento

- Cada rejilla debe poseer estructuras monolíticas (trinquete, Macho-hembra) que logren un traslape entre ellas, evitando desplazamiento y posibles levantamientos entre las placas, manteniendo así una estructura sólida y monolítica en toda su longitud.



- Marco equipado con 2 agujeros  $\varnothing 14$  mm por larguero, para anclar al canal.
- Las piezas que conforman la rejilla deben tener una superficie uniforme libre de: abolladuras, depresiones, protuberancias, porosidades, fisuras, grietas, cortes discontinuos, rebabas, incrustaciones y aristas vivas.
- El recubrimiento interior y exterior debe ser de color negro mate, hidrosoluble, no tóxico, no inflamable y no contaminante.

#### 970.2.5 Rótulo

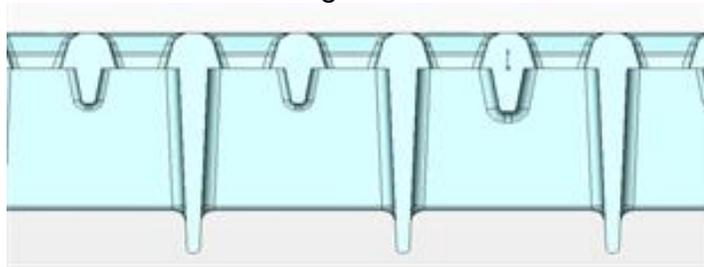
Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

La tapa o marco deben ir marcados con (Según UNE-EN 124):

- EN 124 (como marca de esta norma europea)
- Clase: F900
- Nombre o sigla del fabricante
- Marca de organismo de certificación Autorizado

Requisitos técnicos de desempeño

- Superficie tragante  $\geq 30\%$ : 2545 cm<sup>2</sup>. Diseño especial de los barrotes para facilitar la absorción del agua.



- Apta para ser instalada en zonas de tráfico extra pesado.
- Resistencia a flexo compresión igual o mayor a 900 kN sin presentar ningún tipo de daño, fisuras, grietas, delaminaciones, ni rotura en su estructura, al ser probada bajo la norma UNE-EN 124.

### 970.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 970.3.1 Instalación

El marco de la reja deberá quedar anclado a la estructura de concreto del cárcamo.

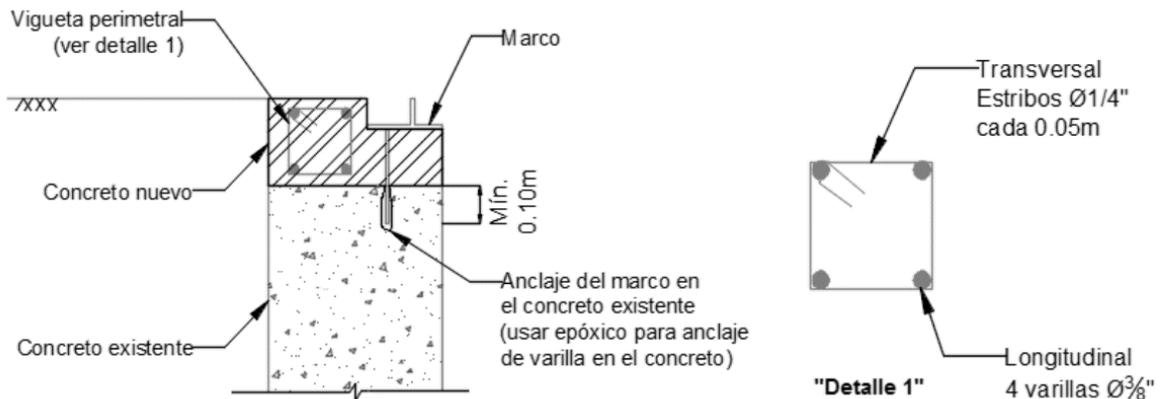
Se debe tener en cuenta en el momento del vaciado del concreto de los muros del cárcamo que el marco de la reja quede correctamente embebido y anclado. Para lo anterior, el marco debe contar en sus esquinas o laterales con aletas o ganchos de acero u otro material que permitan el anclaje al concreto. Adicionalmente, la tapa y su marco debe contar con un apoyo uniforme en todos sus lados, evitando que ésta quede en voladizo y se presenten deformaciones excesivas en la tapa.

Previo al vaciado del concreto nuevo, se debe realizar el armado de cuatro viguetas perimetrales que conforman un marco, las cuales son de sección

cuadrada 0.20 x 0.20m conformada por cuatro varillas de  $\phi 3/8$ " longitudinales y estribos  $\phi 1/4$ " espaciados cada 0,05 m. Se debe tener un recubrimiento mínimo de 0.025m.

Adicionalmente, se debe instalar y nivelar el marco de la reja con sus respectivos anclajes. Dichos anclajes pueden realizarse mediante varillas o pernos de  $\phi 14\text{mm}$ " correspondiente al tamaño de los 2 agujeros por larguero que posee el marco, los cuales deberán ser soldadas al agujero del marco que permita fijar el marco al concreto de la pared del cárcamo. La varilla o perno debe quedar anclado al concreto existente mínimo una longitud de 0.10 m, empleando una resina epóxica de anclaje, como se presenta en la figura.

Finalmente, se debe realizar el vaciado del concreto perimetral de las los muros, el cual debe tener una resistencia de 28 MPa.



### 970.3.2 Elaboración del concreto

El Constructor deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborarla con la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 630.4 del Artículo 630 "Concreto estructural" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### 970.3.3 Curado del concreto

El curado de las vigas de concreto fundidas en el lugar se realizará atendiendo las instrucciones contenidas en el numeral 630.4.15 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

#### 970.3.4 Limpieza final

Al terminar la obra y antes de la aceptación definitiva del trabajo, el Constructor deberá retirar del sitio de las obras todos los materiales excavados o no utilizados, desechos, sobrantes, basuras y cualquier otro elemento de similar característica, restaurando en forma aceptable para el Interventor toda propiedad pública o privada que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo, y dejando el lugar limpio y presentable. El material retirado se deberá depositar en un sitio aprobado por el Interventor.

#### 970.3.5 Limitaciones de la ejecución

Rigen las mismas indicadas en el numeral 630.4.18 del Artículo 630, “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **970.4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 970.4.1 Controles

En adición a los descritos en el numeral 630.5.1 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), el Interventor deberá exigir que la superficie de apoyo quede correctamente acondicionada, antes de colocar la formaleta y verter el concreto.

#### 970.4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### 970.4.2.1 Aspectos generales

El Interventor sólo aceptará anclajes cuya forma corresponda a la indicada en los planos y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en los planos o autorizadas por él por encima de las tolerancias indicadas en el presente Artículo.

##### 970.4.2.2 Calidad del concreto

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4, respectivamente, del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

En relación con la calidad de la mezcla, se aplicará lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del mismo Artículo, excepto lo pertinente a la ejecución de pruebas de carga a expensas del Constructor. En consecuencia, si en caso de discusión, la resistencia de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resulta satisfactoria, el Interventor rechazará las piezas o el tramo representado por dichos núcleos.

#### **970.5 MEDIDA**

La unidad de medida será la unidad (un).

#### **970.6 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, transporte e instalación de la reja en el cárcamo; la elaboración, el suministro, la colocación y el retiro de formaletas cuando corresponda; la explotación de agregados, incluidos todos los permisos y derechos para ello; el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, su diseño, elaboración, descargue, transporte, entrega, colocación, vibrado y curado; la manufactura, el transporte, la entrega en obra y la correcta instalación de las piezas prefabricadas de concreto; el suministro de materiales, la elaboración y la colocación de la resina epóxica de anclaje requerido para el anclaje del marco de la reja al cárcamo; la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos; la limpieza final del sitios de las obras; todo equipo y mano de obra requeridos para la elaboración y terminación de las vigas y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

Solamente habrá pago separado, si se requiere, por concepto del suministro y colocación del acero de refuerzo en las cunetas vaciadas in situ, actividad que se pagará bajo el Artículo 640 “Acero de refuerzo” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

En relación con la conformación de la superficie de apoyo, se considera cubierta por el Artículo 210, “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), o por el Artículo 310, “Conformación de la calzada existente” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por dicho concepto, salvo que una o ambas actividades no estén comprendidas en el mismo contrato, caso en el cual su costo se deberá incluir dentro del precio unitario de la cuneta revestida en concreto. En el caso de los descoles, la preparación de la superficie quedara cubierta por el Artículo 600, “Excavaciones Varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

## **970.7 ÍTEM DE PAGO**

970-P.2 Suministro transporte e instalación reja para cárcamo apertura libre  
1000 mm x 450 mm, F900 **Unidad (un)**

## **970 ARTÍCULO 970-P.3. SUMINISTRO TRANSPORTE E INSTALACIÓN REJA PARA SUMIDERO TIPO B**

### **970.1 DESCRIPCIÓN**

Esta especificación tiene como propósito establecer los requisitos técnicos que deben cumplir las rejas que se utilizan para los sumideros tipo B (500 mm x 800mm) pertenecientes a la red del sistema de drenaje de la franja de pista del aeropuerto del café, así como el anclaje al sumidero.

Los requisitos técnicos de esta especificación aplican únicamente para las rejas metálicas para sumidero tipo B rectangular 500mm x 800mm y cuya instalación se realiza mediante anclaje a la estructura de concreto del sumidero.

### **970.2 MATERIALES**

- Rejilla para sumidero tipo B rectangular 500mm x 800mm
- Concreto  $f'c = 28$  MPa
- Barras de refuerzo No. 3 ( $\varnothing 3/8$ " )  $f_y = 420$  MPa
- Estribos No. 2 ( $\varnothing 1/4$ " )  $f_y = 420$  MPa
- Anclaje epóxico.

#### 970.2.1 Característica técnica exigida

La rejilla está conformada por una sola pieza en cualquiera de los siguientes materiales: hierro dúctil (ASTM A536), acero A36, materiales plásticos u otros, siempre y cuando la rejilla cumpla con los requisitos de resistencia, área de captación, seguridad y demás requisitos técnicos que se establecen en este documento.

El material de la rejilla cuenta con resistencia al desgaste y a la radiación ultravioleta

La superficie acabada de la rejilla y su marco no deben tener poros de más de 5 mm de diámetro y 10 mm profundidad

El marco debe permitir el apoyo continuo de todo el perímetro de la rejilla. El material del marco debe ser el mismo de la rejilla

La rejilla y su marco cuentan con un recubrimiento uniforme en toda la superficie con pintura anticorrosiva.

La rejilla asienta completamente y queda nivelada con relación a su marco

La rejilla tiene un acabado uniforme tanto en la parte superior como inferior, libre bordes filosos, rebabas, poros, socavaciones, partes despicadas o irregularidades.

La rejilla está libre de deformaciones, pandeos o arqueos, que no estén contemplados en los requisitos geométricos de esta especificación.

La superficie superior de la rejilla es antideslizante en alto relieve. La superficie del dibujo en relieve no debe ser menor que el 10% ni superior al 70% de la superficie superior total. El grabado no debe presentar defectos a causa de los moldes de fabricación. El fabricante define el tipo de grabado asegurando la superficie antideslizante.

El diseño de la rejilla debe permitir la apertura de la misma mediante herramientas de uso manual

#### 970.2.2 Características técnicas geométricas rejilla tipo B

- Las dimensiones del marco y la rejilla son compatibles con la geometría de las cajas de concreto para sumideros, las cuales se describen en los planos de diseño.
- Las dimensiones externas de la rejilla son 500 mm x 800 mm
- El área de captación de la rejilla no es menor al 45% del área libre interna de la caja del sumidero
- El marco de la rejilla se ajusta a las dimensiones del área libre de la caja de concreto, de acuerdo a lo establecido en los planos de diseño del sumidero
- Las ranuras de captación están uniformemente repartidas sobre la superficie total de la rejilla
- La altura total del conjunto marco-rejilla es máximo de 50 mm
- La holgura máxima total entre el borde externo de la rejilla y el borde interno del marco es de 5 mm (2.5 mm a cada lado)

- La tolerancia en las dimensiones externas de la rejilla es  $\pm 2$  mm (largo, ancho y altura)
- La superficie superior de la rejilla es plana, con una tolerancia máxima de 6 mm
- El marco cuenta en sus esquinas con aletas para permitir el anclaje al concreto del sumidero u otro sistema para tal fin. Las aletas tienen un ancho mínimo de 50 mm y cuentan con orificios de diámetro mínimo de  $\frac{1}{2}$ ", con el fin de permitir el anclaje del marco al concreto mediante varillas o pernos de acero
- Las ranuras de la rejilla impiden el atascamiento de llantas de bicicletas y sillas de ruedas. Adicionalmente, si las rejillas tienen ranuras con ancho mayor a 20 mm, la longitud máxima de dicha ranura no debe superar 150 mm. Así mismo, el ancho de la ranura no debe exceder 50 mm.
- El ángulo de apertura máximo de la rejilla es de  $130^\circ$
- El peso de la rejilla esta entre 25 y 40 kg

#### 970.2.3 Pruebas y ensayos

- La rejilla resiste la aplicación de una fuerza de control igual o mayor a 125 kN sin presentar ningún tipo de daño, fisuras, grietas, aflojamientos, roturas o deformación excesiva de las partes. El ensayo debe realizarse según la norma UNE-EN-124, numeral 8.3 (Dispositivos de cubrimiento y cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Principios de construcción, ensayos de tipo, marcado y control de calidad.
- El valor de la flecha residual está entre los valores admisibles para una carga de  $\frac{2}{3}$  fuerza de control aplicada 5 veces, según lo especificado en la norma UNE-EN 124
- Control dimensional de la tapa y el marco

#### 970.2.4 Rotulo y empaque

La rejilla tiene de forma fija, legible e indeleble, el serial único de fabricación y el nombre o la sigla del fabricante para la trazabilidad del elemento.

#### 970.2.5 Documentos técnicos solicitados con la oferta

- Ficha técnica del producto que incluya como mínimo la siguiente información: las dimensiones, la lista de materiales de cada parte y la resistencia mecánica
- Ficha técnica de la materia prima del material de la rejilla y el marco
- Modelo en 3D impreso o en medio electrónico en formato PDF, \*IDW o \*DWG.
- Protocolos de calidad de inspecciones, verificaciones y pruebas que se realiza en fábrica que permita trazabilidad
- Informe de ensayos de la prueba de carga y dimensional realizada al modelo de tapa-anillo que oferta, según requisito de este documento.
- Manual o recomendaciones de instalación.

#### 970.2.6 Documentos técnicos solicitados con la entrega del producto

Protocolos o informe de calidad para cada lote de rejillas a suministrar, donde se pueda evidenciar trazabilidad en el control de calidad de fabricación del producto

### 970.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

#### 970.3.1 Instalación

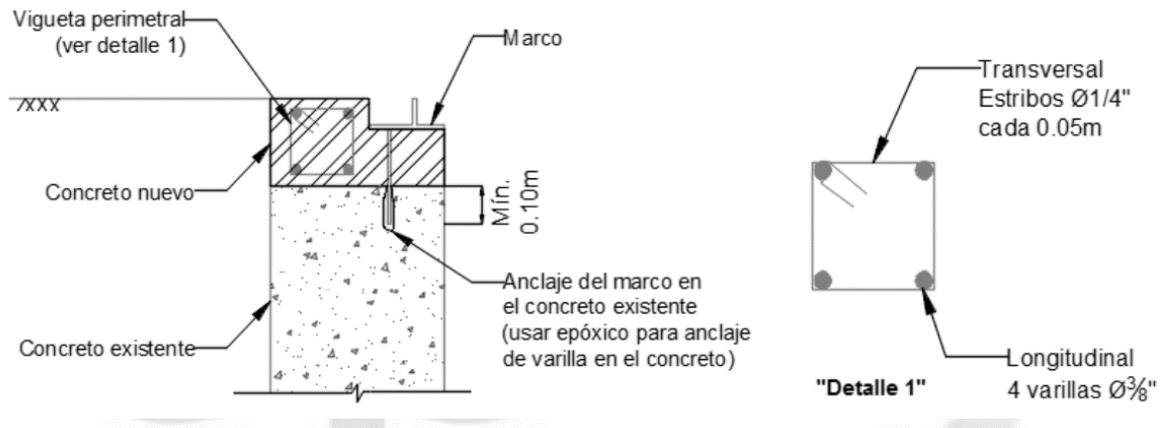
El marco de la reja deberá quedar anclado a la estructura del sumidero de concreto.

Se debe tener en cuenta en el momento del vaciado del concreto de los muros del sumidero que el marco de la reja quede correctamente embebido y anclado. Para lo anterior, el marco debe contar en sus esquinas o laterales con aletas o ganchos de acero u otro material que permitan el anclaje al concreto. Adicionalmente, la tapa y su marco debe contar con un apoyo uniforme en todos sus lados, evitando que ésta quede en voladizo y se presenten deformaciones excesivas en la tapa.

Previo al vaciado del concreto nuevo, se debe realizar el armado de cuatro viguetas perimetrales que conforman un marco, las cuales son de sección cuadrada 0.20 x 0.20m conformada por cuatro varillas de  $\phi 3/8$ " longitudinales y estribos  $\phi 1/4$ " espaciados cada 0,05 m. Se debe tener un recubrimiento mínimo de 0.025m.

Adicionalmente, se debe instalar y nivelar el marco de la reja con sus respectivos anclajes. Dichos anclajes pueden realizarse mediante varillas que se encuentren soldadas al marco o unidas a éste mediante un gancho en “U” o un perno que permita fijar el marco al concreto de la pared del sumidero. La varilla o perno debe quedar anclado al concreto existente mínimo una longitud de 0.10 m, empleando una resina epóxica de anclaje, como se presenta en la figura.

Finalmente, se debe realizar el vaciado del concreto perimetral de las los muros, el cual debe tener una resistencia de 28 MPa.



### 970.3.2 Elaboración del concreto

El Constructor deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborarla con la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 630.4 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### 970.3.3 Curado del concreto

El curado de las vigas de concreto fundidas en el lugar se realizará atendiendo las instrucciones contenidas en el numeral 630.4.15 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### 970.3.4 Limpieza final

Al terminar la obra y antes de la aceptación definitiva del trabajo, el Constructor deberá retirar del sitio de las obras todos los materiales excavados o no utilizados, desechos, sobrantes, basuras y cualquier otro elemento de similar característica, restaurando en forma aceptable para el Interventor toda propiedad pública o privada que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo, y dejando el lugar limpio y presentable. El material retirado se deberá depositar en un sitio aprobado por el Interventor.

#### 970.3.5 Limitaciones de la ejecución

Rigen las mismas indicadas en el numeral 630.4.18 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **970.4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### 970.4.1 Controles

En adición a los descritos en el numeral 630.5.1 del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), el Interventor deberá exigir que la superficie de apoyo quede correctamente acondicionada, antes de colocar la formaleta y verter el concreto.

#### 970.4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### 970.4.2.1 Aspectos generales

El Interventor sólo aceptará anclajes cuya forma corresponda a la indicada en los planos y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en los planos o autorizadas por él por encima de las tolerancias indicadas en el presente Artículo.

##### 970.4.2.2 Calidad del concreto

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en los numerales 630.5.2.1, 630.5.2.2, 630.5.2.3 y 630.5.2.4, respectivamente, del Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

En relación con la calidad de la mezcla, se aplicará lo descrito en el numeral 630.5.2.5 del mismo Artículo 630 “Concreto estructural” (Instituto Nacional de

Vías (INVIAS), 2013), excepto lo pertinente a la ejecución de pruebas de carga a expensas del Constructor. En consecuencia, si en caso de discusión, la resistencia de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resulta satisfactoria, el Interventor rechazará las piezas o el tramo representado por dichos núcleos.

### **970.5 MEDIDA**

La unidad de medida será la unidad (un).

### **970.6 FORMA DE PAGO**

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, transporte e instalación de la reja en el sumidero; la elaboración, el suministro, la colocación y el retiro de formaletas cuando corresponda; la explotación de agregados, incluidos todos los permisos y derechos para ello; el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, su diseño, elaboración, descargue, transporte, entrega, colocación, vibrado y curado; la manufactura, el transporte, la entrega en obra y la correcta instalación de las piezas prefabricadas de concreto; el suministro de materiales, la elaboración y la colocación de la resina epóxica de anclaje requerido para el anclaje del marco de la reja al sumidero; la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos; la limpieza final del sitios de las obras; todo equipo y mano de obra requeridos para la elaboración y terminación de las vigas y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Solamente habrá pago separado, si se requiere, por concepto del suministro y colocación del acero de refuerzo en las cunetas vaciadas in situ, actividad que se pagará bajo el Artículo 640, "Acero de refuerzo" (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

En relación con la conformación de la superficie de apoyo, se considera cubierta por el Artículo 210, “Excavación de la explanación, canales y préstamos” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), o por el Artículo 310, “Conformación de la calzada existente” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013) y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por dicho concepto, salvo que una o ambas actividades no estén comprendidas en el mismo contrato, caso en el cual su costo se deberá incluir dentro del precio unitario de la cuneta revestida en concreto. En el caso de los descoles, la preparación de la superficie quedara cubierta por el Artículo 600, “Excavaciones Varias” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

### **970.7 ÍTEM DE PAGO**

970-P.3 Suministro transporte e instalación reja para sumidero tipo B. **Unidad (un)**

## **980 ARTICULO 980-P. – SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y LECTURA DE PIEZÓMETROS DE HILO VIBRÁTIL**

### **980.1 DESCRIPCIÓN**

En este capítulo se detallan las especificaciones de la instalación y lectura de los equipos de instrumentación, consistentes en piezómetros de cuerda vibrátil, requeridos para el control de presiones al interior de las zonas de depósito del proyecto Aeropuerto del Café.

Esta instrumentación será instalada una vez se inicia la ejecución y construcción del depósito. Estos equipos servirán como control de la etapa de construcción y épocas posteriores.

### **980.2 MATERIALES**

#### 980.2.1 Piezómetros de hilo vibrátil

En general, los piezómetros se instalan por personal especializado en perforaciones para medir la presión del agua subterránea o para conocer las presiones de poros alrededor del punto donde se instalan. También pueden ser instalados dentro de tuberías y pozos para medir los niveles del agua, todo de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Los de alambre vibrátil tienen la ventaja de ser mucho más precisos que otros tipos de piezómetros y por lo tanto se emplearán cuando se requieran conocer variaciones muy pequeñas de las presiones de agua en un punto específico. Varias apariencias de los piezómetros de alambre vibrátil se muestran en la siguiente figura. En la parte derecha de muestra un piezómetro multinivel, los cuales se deben emplear cuando se pida conocer presiones de poros a diferentes profundidades en una misma perforación.

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Figura 1. Piezómetros de hilo vibrátil



Fuente: (Tomada de Slope Indicador)

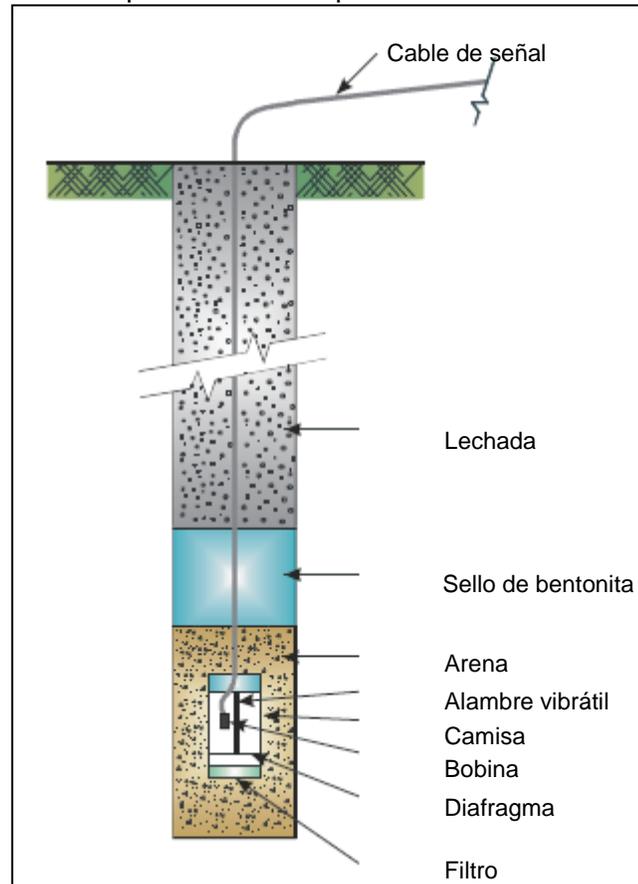
El piezómetro de hilo vibrátil puede esquematizarse como un tubo metálico, cerrado en una de sus caras, con un diafragma flexible en la otra y con un hilo metálico entre ambas caras. La siguiente figura muestra esquemáticamente todas las componentes del piezómetro.

La presión del agua causa que el diafragma se desvíe de su estado anterior, reduciendo la tensión en el cable y cambiando la frecuencia vibratoria medida por la bobina electromagnética, la que transmite por un cable de señal al aparato de lectura. El valor monitoreado es una frecuencia que es convertida a presión de agua.

Los factores de la calibración de los piezómetros establecen una relación entre la presión aplicada al diafragma y se utilizan convertir lecturas de frecuencia en hertz (Hz) a lecturas de presión en kilo Pascales (kPa).

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
 Especificaciones técnicas  
 Febrero de 2022

Figura 2. Componentes de un piezómetro de alambre vibrátil



Fuente: (Tomada de Geodata y Andina)

Antes de la instalación del piezómetro es muy importante sumergir el piezómetro en agua para lograr que el espacio entre el diafragma y el filtro esté completamente lleno de agua.

### 980.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Se instalarán piezómetros de hilo vibrátil en un número de tres (3) por cada capa de 2,4 m de espesor de lleno. La ubicación de la instalación de los instrumentos la definirá El Interventor y se hará de acuerdo con las características de los materiales depositados en cada espesor de 2,4 m.

### 980.3.1 Condiciones previas a la instalación

Antes de comenzar con el proceso de instalación del piezómetro, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Manejar el piezómetro con sumo cuidado.
- Almacenar el cable en un lugar seco y protegido de roedores y del tráfico.
- Evitar el tener que arrastrar el cable sobre rocas o superficies agudas que puedan dañarlo.
- No tirar del cable, ya que esto puede dañar los conductores. Así mismo, evitar el hacer curvas al cable.
- Marcar los cables cuidadosamente para identificación posterior.
- Proteger los extremos de los cables de modo que el agua no pueda entrar en ellos. Los cables se deben extender sobre el nivel del suelo y proteger con una caja impermeable.
- En instalaciones tradicionales, el piezómetro se bordea con arena encima de la cual se coloca un sello de bentonita. Es preferible el método de instalación en donde la perforación entera se llena de un cemento bentonítico, eliminando así la necesidad de la arena.
- Si se usa revestimiento de la perforación, para sostenerla mientras se instala el piezómetro, éste debe ser retirado tan pronto como se sella con la bentonita, teniendo especial cuidado de no dañar el cable.
- Para obtener las lecturas iniciales se debe tener en cuenta que la ejecución de una perforación cambia temporalmente la presión del agua en los alrededores. De esta manera, las lecturas que se toman inmediatamente después de la instalación no son representativas. La recuperación de la presión natural del agua puede tomar algunas horas e incluso algunas semanas, dependiendo de la permeabilidad del suelo. La recuperación es evidente cuando se obtienen lecturas estables durante algunos días y es entonces que puede ser obtenida una lectura confiable.
- La mayoría de los piezómetros de alambre vibrátil se proveen de filtros, los cuales se deben saturar antes de la instalación. En el caso de filtro tipo estándar, el cual tiene un tamaño de 50 a 60 micrones y dejan pasar tanto el aire como el agua, no se requieren procedimientos elaborados para la saturación y basta con sólo quitar el filtro, llenar el piezómetro de agua y luego sustituirlo.

## 980.3.2 Procedimiento para la instalación

Los siguientes son los pasos para la instalación

- Preparar el piezómetro sumergiéndolo en un cubo de agua limpia. Se debe quitar el filtro para permitir que el aire salga del piezómetro y luego se debe acoplar nuevamente. Sostener el piezómetro por el extremo del filtro para evitar que el agua drene hacia afuera.
- Ejecutar la perforación hasta la profundidad requerida para el piezómetro.
- Unir el piezómetro a su cable para bajarlo dentro de la perforación con el filtro para arriba. Puede requerirse agregar un peso como el de una bolsa de arena.
- Rellenar la perforación con lechada, utilizando como punto de partida las cantidades indicadas a continuación. Mezclar primero el agua con el cemento y luego agregar la bentonita. Ajustar la cantidad de bentonita para producir una lechada con la consistencia de una crema pesada. Si la lechada es demasiado fina, los sólidos y el agua se separarán. Si la lechada es demasiado gruesa, será difícil de bombear.

Tabla 66 Para suelos duros y medios

MATERIALES	PESO	RELACIÓN POR PESO
Cemento Portland	94 lb (1 Bolsa)	1,0
Bentonita	25 lb (Lo que se requiera)	0,3
Agua	30 galones	2,5

Tabla 67 Para suelos blandos

MATERIALES	PESO	RELACIÓN POR PESO
Cemento Portland	94 lb (1 Bolsa)	1,0
Bentonita	39 lb (Lo que se requiera)	0,4
Agua	75 galones	6,6

- Las lecturas tomadas inmediatamente después de la instalación serán altas, pero disminuirán conforme ocurran las curaciones de la lechada. Una lectura puede ser tomada horas o días después de la instalación, dependiendo de la permeabilidad del suelo. Lecturas periódicas ayudan a determinar cuándo ha ocurrido la recuperación, es decir, cuando la presión de poros se ha estabilizado.
- Terminar la instalación según lo especificado por el fabricante. Es importante dejar el cable sobre el nivel del suelo dentro de una caja de

protección impermeable o con un conector impermeable. Se debe además proteger la instalación contra el tráfico durante construcción y marcar su localización con una estaca visible.

Al final de la instalación debe quedar un registro de cada piezómetro, el cual contendrá como mínimo los siguientes datos:

- Ubicación, es decir, coordenadas Este, Norte y cota.
- Codificación.
- Fecha de inicio y finalización de la perforación.
- Profundidad del barreno y longitud de la tubería instalada.
- Fecha de instalación de la tubería.
- Lectura inicial de altura de nivel de agua y presión de poros
- Perfil estratigráfico en el que está ubicado el piezómetro.

#### 980.3.3 Procedimiento para la toma de lecturas

Los piezómetros de alambre vibrátil permiten obtener lecturas de presión y temperatura. La temperatura es útil para corregir los valores de presión del agua. Las siguientes instrucciones deben seguirse para una correcta lectura de los piezómetros:

- Conectar el cable del piezómetro a la consola de lectura, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.
- Escoger la opción Hz+RTD o la opción Hz+Termistor.
- La pantalla de la consola de lectura mostrará la lectura de frecuencia en Hz y la de temperatura en °C.

Siempre se deben tomar como mínimo tres lecturas en cada piezómetro con el fin de obtener un valor promedio de frecuencia y temperatura. Si una de las lecturas es muy diferente de las otras dos se debe tomar una cuarta lectura. Este procedimiento es sencillo y no consume mayor tiempo de manera que se gana mucho en pérdida de información por errores en las lecturas.

#### 980.3.4 Cálculo de las lecturas

Las lecturas de los piezómetros de alambre vibrátil se obtienen en Hz y no en unidades de presión. Para convertir las lecturas en Hz a unidades de presión,

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

se deben utilizar los factores de calibración A, B y C que aparecen en el registro de calibración del equipo que suministra el fabricante. La presión de poros en kPa se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Presión} = A \text{ Hz}^2 + B \text{ Hz} + C$$

Se deben considerar correcciones por temperatura y también correcciones por presión barométrica, especialmente para piezómetros instalados en tuberías o pozos en los que están abiertos a la atmósfera. En este caso se debe seguir la metodología indicada por los fabricantes.

Con base en las lecturas tomadas a los piezómetros se debe reportar la siguiente información:

- Cota de la superficie del terreno.
- Cota de instalación de equipo.
- Presión de poros.
- Temperatura.
- Nivel freático de perforación
- Cota piezométrica obtenida como la suma de la cota de instalación y la presión de poros obtenida con el piezómetro.

Los datos obtenidos se deben integrar a la serie histórica de lecturas, y elaborar gráficas de variación con el tiempo. Cuando se tenga información pluviométrica se deberá adicionar una gráfica de variación de las lluvias diarias con el tiempo de manera que puedan asociarse las mediciones de presiones de poros hechas con el régimen de lluvias.

#### 980.3.5 Interpretación de las lecturas

Cuando por razones de saturación de los llenos, las presiones del agua en los poros del suelo leídas de los piezómetros instalados se registren con magnitudes superiores a las especificadas en los planos de los depósitos, se deberá tomar una o más de las siguientes medidas, sin que ello implique un incremento en el precio del ítem correspondiente a los llenos para conformación de la zona de depósito.

- i. Reducir la rata de colocación del lleno.
- ii. Suspender temporalmente las operaciones de colocación del lleno.

iii. Colocar capas adicionales intermedias de arena.

Como criterio para definir si las presiones de agua en los poros del suelo son excesivamente altas o que han traspasado el umbral que se puede definir como seguro, se debe consultar la tabla de relaciones de profundidad vs relación  $PP/\sigma_{tot}$  la cual se presenta en los planos de cada uno de los zódmes del proyecto, contra la cual se deben comparar las lecturas. Si los valores leídos de los piezómetros son mayores que los consignados en las tablas, se deben implementar algunas de las medidas mencionadas en el presente numeral.

980.3.6 Ensayos complementarios a ser realizados y sus frecuencias

A fin de apoyar la verificación de la estabilidad de los depósitos, se realizarán ensayos de corte directo modalidad consolidada drenado (normas I.N.V.E 154 y ASTM D-3080/D-3080M), con una intensidad de 2 ensayos por semana en cada zona de depósito.

En correlación con los ensayos de corte, será necesario establecer la densidad de compactación a alcanzar, para la validación de los parámetros geomecánicos de resistencia usados en las modelaciones geotécnicas, con el fin de cumplir con las condiciones de estabilidad de los taludes de la zona de depósito.

La Interventoría tendrá como función primordial la ubicación de cada muestreo y zona de ensayo, así como definir la necesidad de incrementar o disminuir la frecuencia de los ensayos, acorde a las condiciones del depósito.

980.3.7 Control y seguimiento de los piezómetros.

Se propone que estos equipos sean monitoreados una vez por semana durante el proceso de construcción y una vez se termine esta etapa se deben hacer las lecturas en forma quincenal, por lo menos durante el primer año de funcionamiento. Después de este año se propone que las lecturas sean cada 3 meses.

## 980.4 CONDICIONES ESPECÍFICAS PARA EL RECIBO Y TOLERANCIAS

Se da por entendido que todos los equipos y cantidad de los instrumentos que se tratan en estas especificaciones deben ser instalados, mantenidos y

monitoreados por personal técnico calificado. Además, se debe garantizar que los equipos de medición deben ser calibrados y garantizados para tal efecto en cumplimiento de las NTC asociadas a estos instrumentos. Cualquier error en la toma de datos y la interpretación de los mismos es responsabilidad única del encargado de realizar las mediciones. La omisión de algunos detalles en estas especificaciones no exime a los que realicen las mediciones ni a quienes realicen la instalación de los mismos ante problemas relacionados con la instalación y monitoreo de los equipos, ya que hay aspectos que son inherentes a la marca de los equipos y que por lo tanto no pueden ser tratados en estas especificaciones.

#### **980.5 MEDIDA**

La unidad de medida para los piezómetros será la unidad (un) instalada y en funcionamiento, aceptado por El Interventor, en su posición final.

La unidad de medida para la lectura será la unidad (un) por cada piezómetro instalado, el cual deberá ser leído en la periodicidad indicada en esta especificación y durante el periodo de construcción más un año.

#### **980.6 FORMA DE PAGO**

El trabajo de suministro, instalación y lectura de piezómetros se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por El Interventor.

El precio unitario deberá cubrir los costos del suministro e instalación de los siguientes elementos:

- i. Perforaciones en suelo para instalación de piezómetros
- ii. Arena para cámara de piezómetros
- iii. Cemento para relleno de perforación
- iv. Bentonita para relleno de perforación
- v. Piezómetro de hilo vibrátil incluyendo el personal especializado para la instalación
- vi. Consolas, accesorios y demás elementos requeridos para la lectura.
- vii. Señalización preventiva
- viii. Ensayos de laboratorio complementarios

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Todo el trabajo descrito en esta especificación quedará incluido dentro de los precios unitarios estipulados en el contrato lo cual incluye la lectura de los piezómetros por parte del personal especializado y los equipos requeridos para la lectura y seguimiento.

### **980.7 ITEM DE PAGO**

980-P.1 Suministro e instalación de piezómetros de hilo vibrátil **Un (unidad)**

980-P.2 Lectura de piezómetros de hilo vibrátil **Un (unidad)**

## **1110 ARTICULO 1110 CONTROL DE LA VEGETACIÓN**

### **1110.1 DESCRIPCIÓN**

Esta actividad se refiere a los trabajos de eliminación selectiva de vegetación existente en las zonas laterales y separadores de la carretera para mejorar la visibilidad. Comprende, además, el retiro de los residuos vegetales y su disposición en sitios aprobados.

### **1110.2 MATERIALES**

Si se realiza de manera manual o mecanizada, la actividad no requiere el suministro de materiales.

Si la autoridad ambiental autoriza el empleo de matamalezas, se aplicará un herbicida de amplio espectro para el control post-emergente de las malezas y con un prolongado efecto residual en el suelo.

### **1110.3 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN**

El Contratista deberá cortar toda la maleza existente en el área comprendida dentro del derecho de vía, tan a ras como la conformación del terreno lo permita, y de manera que permanezca a una altura no mayor de 30 cm en una franja de cinco metros colindantes a la corona del camino, ni mayor de 1.0 m de altura en el resto del derecho de vía. Se exceptúan los elementos básicos para el manejo y separación de conflictos y áreas de maniobras en las intersecciones como isletas, glorietas y otras áreas de seguridad, donde no deberá quedar, en ningún punto, con una altura mayor de 20 cm. Ninguna vegetación podrá impedir visibilidad de los dispositivos de regulación del tránsito o de las defensas.

Si se encuentra hierba en las bermas, se deberá debe arrancar de raíz.

Durante la ejecución de los trabajos, el Contratista debe tratar de evitar el corte de árboles que estén en proceso de crecimiento dentro de esta área, que en su fase adulta puedan proporcionar ornato y sombra a la carretera, y que se encuentren a una distancia de la berma que no represente obstrucción a la visibilidad, ni peligro para el tránsito vehicular.

Los suelos orgánicos y materiales vegetales se pueden depositar sobre los taludes de los terraplenes con el propósito de aprovecharlos como abono

orgánico para el crecimiento de plantas que puedan proteger contra la erosión, si así lo autoriza el Interventor. En caso contrario, se deberán retirar y disponer en sitios aprobados, atendiendo las medidas de manejo ambiental del proyecto 1, “Manejo del descapote y la cobertura vegetal”, del programa 4, “Biodiversidad y servicios ecosistémicos”, de la Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura del Instituto.

Por ningún motivo se permitirá la incineración de los productos de rocería y desmonte, ni siquiera mediante quemas controladas.

Si el uso de productos químicos para controlar el crecimiento de la maleza está autorizado, su aplicación se deberá realizar en forma controlada y bajo condiciones climáticas adecuadas, es decir, sin viento o lluvia, y en horas en que el follaje esté seco.

Disposiciones adicionales:

Finalmente, se deberá limpiar el área de trabajo y transportar y disponer en un sitio aprobado todos los materiales removidos, de la forma exigida por la autoridad ambiental correspondiente.

Si durante la ejecución del trabajo, los procedimientos que utiliza el Contratista provocan menoscabo al derecho de vía, a la berma, al pavimento, al drenaje de la carretera o a los usuarios, las labores se suspenderán de inmediato hasta que el Contratista reemplace los procedimientos inadecuados y repare los daños causados, como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

#### **1110.4 ACEPTACIÓN DEL TRABAJO**

El Interventor aceptará el trabajo de rocería y desmonte luego de verificar que la altura de la vegetación no excede los límites mencionados en el numeral 1111.3 (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2016), que la visibilidad de los dispositivos de regulación del tránsito y de las defensas es completa desde la carretera y que los residuos vegetales han sido depositados en los lugares autorizados. Así mismo, medirá la longitud o el área en que el trabajo se haya realizado a satisfacción.

#### **1110.5 MEDIDA Y PAGO**

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Los precios unitarios fijados para la rocería y el desmonte manual; la rocería y el desmonte mecanizado y la limpieza con matamalezas cubrirán todos los gastos efectuados para la ejecución del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2016). Cubrirán, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista.

El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición diferente al respecto, el trabajo correctamente ejecutado se medirá y pagará por kilómetro lineal de carretera, aproximado a la décima de kilómetro, o por metro cuadrado, aproximado al entero, según el ítem de pago que sea aplicable. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

#### **1110.6 ITEM DE PAGO**

1111 Rocería y desmonte

**Hectárea Ha**

## **1410 ARTICULO 1410 MANTENIMIENTO DEL DRENAJE SUPERFICIAL LONGITUDINAL**

### **1410.1 DESCRIPCIÓN**

Esta actividad se refiere a la remoción de los materiales depositados en las cunetas, descoles, bajantes de agua y disipadores de energía revestidos, de manera que su sección original de escurrimiento permanezca libre. También, incluye la limpieza de las descargas de los subdrenes en las cajas de entrada de las alcantarillas. No incluye la limpieza de cunetas no revestidas, ni de canales y zanjas de coronación.

### **1410.1 MATERIALES**

Esta actividad no requiere el empleo de materiales.

### **1410.2 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN**

Toda materia extraña que implique disminución de la sección o impedimento al libre escurrimiento del agua en las cunetas revestidas, en todo elemento que constituya la descarga de un subdrén y en las bajantes de agua, descoles y disipadores de energía deberá ser retirada empleando equipos y procedimientos que garanticen que no se producirán daños de ningún tipo en ellos.

La limpieza se deberá realizar a todo lo largo de estas estructuras.

Los materiales extraídos deberán ser trasladados y dispuestos en sitios aprobados, de la forma autorizada por el Interventor y la autoridad ambiental correspondiente.

Disposiciones adicionales:

Durante la ejecución del trabajo, los procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente los dispositivos de drenaje, el pavimento u otros elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier daño o trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

### **1410.3 ACEPTACIÓN DEL TRABAJO**

El Interventor aceptará los trabajos de limpieza de cunetas revestidas, descoles, descargas de subdrenes, bajantes de agua y disipadores de energía luego de verificar que se han realizado correctamente de acuerdo con lo que establece esta especificación y que el área de trabajo ha quedado completamente limpia. Así mismo, medirá la longitud de los elementos en los que el trabajo se haya realizado a satisfacción.

#### **1410.1 MEDIDA Y PAGO**

Los precios unitarios fijados para la limpieza de cunetas revestidas, descoles, descargas de subdrenes y bajantes cubrirán todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2016). Cubrirán, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista.

El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, la limpieza de cunetas revestidas, descoles y bajantes se medirá y pagará por metro lineal, aproximado al entero, de cada trabajo realizado a satisfacción del Interventor, cualesquiera sean las dimensiones de las cunetas revestidas y de las bajantes de agua. La limpieza de los disipadores de energía también se realizará por metro lineal, aproximado al entero, de cada trabajo realizado a satisfacción del Interventor, pero en la medida solamente se considerará la proyección horizontal del elemento. En todos los casos, el resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La limpieza de la descarga de subdrenes se medirá y pagará por unidad de descarga limpia, cualesquiera sean sus dimensiones.

#### **1410.2 ITEM DE PAGO**

1411 Limpieza de cunetas revestidas, descargas de subdrenes, bajantes de agua y disipadores de energía **Metro lineal (m)**



Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y  
diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1  
del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

# SEDIC

Anexo 03

## **1420 ARTICULO 1420 MANTENIMIENTO DEL DRENAJE SUPERFICIAL TRANSVERSAL (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2016)**

### **1420.1 DESCRIPCIÓN**

Esta actividad se refiere a la remoción, transporte y disposición en vertederos apropiados de todos los elementos extraños que se encuentren las alcantarillas de tubo y de cajón, así como en sus cajas de entrada y elementos de salida, de manera de dejar totalmente libre la sección de escurrimiento original.

### **1420.2 MATERIALES**

Esta actividad no requiere el empleo de materiales.

### **1420.1 PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN**

Toda materia extraña que implique disminución de la sección o impedimento al libre escurrimiento del agua en las alcantarillas, en sus cajas de entrada o en sus áreas de salida, deberá ser retirada empleando equipos y procedimientos que no impliquen riesgos para los trabajadores o para la operación normal de estas estructuras, y que garanticen que no se producirán daños de ningún tipo en ellas.

Cualquier deterioro que se produzca durante el desarrollo de esta actividad deberá ser reparado de inmediato por el Contratista, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

La limpieza se deberá realizar a todo lo largo de estas estructuras, más la longitud aguas abajo que se indica a continuación.

La limpieza aguas abajo de la obra debe abarcar un ancho igual a tres veces el ancho efectivo de la alcantarilla y una longitud igual a cinco veces dicho ancho.

Los materiales extraídos deberán ser trasladados y depositados en sitios de vertimiento autorizados.

Disposiciones adicionales:

Durante la ejecución del trabajo, los procedimientos que utilice el Contratista no deberán afectar adversamente las condiciones de escurrimiento del agua o elementos de la carretera o de propiedades aledañas a ella. Cualquier trabajo elaborado con defectos obvios, deberá ser reparado como parte de esta actividad. Los atrasos que ello produzca en el desarrollo del contrato serán imputables al Contratista.

### **1420.2 ACEPTACIÓN DEL TRABAJO**

El Interventor aceptará los trabajos de limpieza de alcantarillas luego de verificar que se han realizado correctamente de acuerdo con lo que establece esta especificación y que no han quedado materiales sobrantes y de desecho en el área de trabajo. Así mismo, medirá la longitud en que el trabajo se haya realizado a satisfacción.

### **1420.3 MEDIDA Y PAGO**

El precio unitario fijado para la limpieza de alcantarillas cubrirá todos los gastos efectuados para la ejecución material del trabajo de acuerdo con lo especificado, conforme se indica en el numeral 1090.2.2 (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2016). Cubrirá, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad (AIU) del Contratista.

El trabajo se medirá y pagará de acuerdo a lo establecido en el contrato. Si no hay en él ninguna disposición particular al respecto, la limpieza de alcantarillas se medirá y pagará por metro lineal, aproximado al decímetro, de cada trabajo realizado a satisfacción del Interventor, cualesquiera sean las dimensiones de las alcantarillas. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

A los efectos de la medida y el pago, solamente se computa la longitud del tubo o cajón de la alcantarilla, aunque la limpieza incluya tanto la caja de entrada como el área de salida descrita en esta especificación.

### **1420.4 ITEM DE PAGO**

1421 Limpieza de alcantarillas

**Unidad (un)**

Ajustes, actualizaciones y complementos a los estudios y diseños a nivel Fase III de la franja de pista de la etapa 1 del Aeropuerto del Café  
Especificaciones técnicas  
Febrero de 2022

Anexo 03

## Referencias

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2013). *Especificaciones generales de construcción de carreteras*.

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2016). *Manual de mantenimiento de carreteras*.

# Ítem C-100 Programa de Control de Calidad del Constructor (PCCC)

## 1 GENERALIDADES

La calidad es más que los resultados de los ensayos. La calidad es la combinación de materiales adecuados, ensayos, mano de obra, equipo, inspección y documentación del proyecto. Para lograr un proyecto de calidad es clave establecer y mantener una cultura de calidad. El Constructor establecerá, prestará y mantendrá un “*Programa de Control de Calidad del Constructor*” (PCCC) que detalle efectivamente los métodos y procedimientos que se tomarán para asegurar que todos los materiales y la construcción final requerida por el Contrato cumplan con los planos, las especificaciones técnicas y otros requisitos, ya seas elaborados por el Constructor o adquiridos a subcontratistas o proveedores. Aunque se establecen pautas y se especifican ciertos requisitos mínimos, aquí y en otras partes de las especificaciones técnicas del Contrato, el Constructor asumirá la responsabilidad total de cumplir con el propósito establecido.

El Constructor establecerá un PCCC que:

- a. Provea personal calificado para desarrollar e implementar el PCCC.
- b. Provea la producción de materiales de calidad aceptable.
- c. Provea información suficiente para garantizar que se puedan cumplir los requisitos de las especificaciones.
- d. Documente los procesos del PCCC.

El Constructor no iniciará ningún trabajo o producción de materiales para ser incorporados en la obra final hasta que el PCCC haya sido revisado y aprobado por el Interventor. No se realizará ningún pago parcial por materiales sujetos a requisitos específicos de Control de Calidad (CC) hasta que el PCCC haya sido revisado y aprobado.

Los requisitos de CC, contenidos en esta sección y en otras partes de las especificaciones técnicas del Contrato, son adicionales e independientes de los ensayos requeridos para el Aseguramiento de la Calidad (AC). Los ensayos requeridos para el AC son responsabilidad del Interventor o del Constructor según se indica en las especificaciones.

Antes de comenzar la construcción, se debe realizar un taller de Control de Calidad / Aseguramiento de la Calidad con el Interventor, el Constructor, los subcontratistas, los laboratorios de ensayos y el representante de la Entidad Contratante. El Constructor organizará el Taller de CC/AC y coordinará con la Entidad y el Interventor el momento y lugar de este. En el Taller CC/AC se tratarán, por lo menos, los siguientes temas:

- a. Revisión del PCCC incluyendo las entregas, los ensayos de Control de Calidad, los “*Límites de Acción y Suspensión*” para la producción, los “*Planes de Acciones Correctivas*”, la distribución de informes de Control de Calidad y los “*Gráficos de Control*”.
- b. Discusión del programa de Aseguramiento de la Calidad.
- c. Discusión de la organización y jerarquía del CC y del AC, incluyendo la coordinación e intercambio de información entre ellos.
- d. Programación de reuniones periódicas para discutir el control de materiales, métodos y ensayos.
- e. Establecimiento de la cultura general de Control de Calidad.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

### 2.1 Descripción general

El Constructor creará un PCCC para realizar la inspección de Control de Calidad y los ensayos de todos los ítems de obra requeridos por las especificaciones técnicas, incluidos aquellos realizados por subcontratistas. El PCCC garantizará la conformidad con las especificaciones y los planos con respecto a los materiales, la fabricación fuera del sitio, la mano de obra, la construcción, el acabado y el desempeño funcional. El PCCC será efectivo para el control de todo el trabajo de construcción realizado en el Contrato e incluirá específicamente la vigilancia y los ensayos requeridos por las especificaciones técnicas, además de otros requisitos de esta sección y cualquier otra actividad que el Constructor considere necesaria para establecer un nivel efectivo de Control de Calidad.

### 2.2 Programa de Control de Calidad del Constructor (PCCC)

El Constructor describirá el PCCC en un documento escrito que será revisado y aprobado por el Interventor antes del inicio de cualquier producción, construcción o fabricación fuera del sitio. El PCCC escrito se presentará al Interventor para su revisión y aprobación al menos 15 días calendario antes del Taller de PCCC. El laboratorio de ensayos del PCCC y del Control de Calidad del Constructor deben ser aprobados por escrito, por el Interventor, antes de la “Notificación para Proceder” (NPP).

El PCCC se organizará para tratar, como mínimo, los siguientes temas:

1. Organización del Control de Calidad y hojas de vida del personal clave.
2. Cronograma de avance del proyecto.
3. Programa de entrega de informes.
4. Requerimientos de inspección.
5. Plan de ensayos del Control de Calidad.
6. Documentación de las actividades y distribución de los informes del Control de Calidad.
7. Requisitos para las acciones correctivas cuando no se satisfacen los criterios de aceptación del Control de Calidad y/o el Aseguramiento de la Calidad.
8. Calidad de los materiales y medios y métodos de construcción. El PCCC debe abordar todos los elementos aplicables al proyecto que afecten la calidad de la estructura del pavimento, incluidos la subrasante, la subbase, la base y la capa de rodadura. Algunos elementos que deben abordarse incluyen, entre otros, el diseño de mezclas, la clasificación de agregados, la gestión de acopios, la mezcla y el transporte, la colocación y el terminado, los ensayos e inspecciones de Control de Calidad, la regularidad, el plan de colocación, el equipo y el plan de gestión de la temperatura.

El Constructor debe agregar cualquier elemento adicional al PCCC que sea necesario para controlar adecuadamente todos los procesos de producción y/o construcción requeridos por el Contrato.

## 3 ORGANIZACIÓN DEL PCCC

El PCCC se implementará mediante el establecimiento de una organización de Control de Calidad. Se preparará un organigrama de todo el personal de Control de Calidad para ilustrar su jerarquía y cómo se integra con otras funciones y personal de gestión, producción y construcción.

El organigrama identificará a todo el personal de Control de Calidad por nombre y función, e indicará el personal total requerido para implementar todos los elementos del PCCC, incluidas la inspección y los ensayos para cada elemento de la obra. Si es necesario, se pueden emplear técnicos diferentes para funciones específicas de

inspección y ensayo para diferentes ítems de la obra. Si se subcontrata una organización externa o un laboratorio de ensayos independiente para la implementación de todo o parte del PCCC, el personal asignado deberá cumplir los requisitos de cualificación de los literales a y b de este numeral. El organigrama deberá indicar quienes son empleados del Constructor y quienes son proporcionados por una organización externa.

La organización de Control de Calidad deberá estar compuesta, como mínimo, por el siguiente personal:

**a. Administrador del programa**

El Administrador del Programa de Control de Calidad del Constructor (APCCC) debe ser un empleado a tiempo completo o un consultor contratado por el Constructor.

El APCCC debe ser Ingeniero Civil y tener un mínimo de cinco (5) años de experiencia en el Control de Calidad de la construcción de pavimentos, con experiencia previa de Control de Calidad en un proyecto de tamaño y alcance comparables al Contrato. Incluido en los cinco (5) años de experiencia en Control de Calidad y pavimentación, el APCCC deberá acreditar un (1) año de experiencia en construcción y/o rehabilitación de pavimentos de aeropuertos.

El APCCC debe tener plena autoridad para instituir todas y cada una de las acciones necesarias para la implementación exitosa del PCCC para garantizar el cumplimiento de los planos y especificaciones técnicas del Contrato. La autoridad del APCCC debe incluir la capacidad de detener inmediatamente la producción hasta que los materiales y/o procesos cumplan con las especificaciones del Contrato. El APCCC deberá responder directamente al Director de Obra de la empresa constructora. El APCCC deberá estar en el lugar de la obra de forma permanente para atender en el menor tiempo posible cualquier problema.

**b. Técnicos de Control de Calidad**

Se debe proporcionar el número suficiente de técnicos de Control de Calidad para implementar adecuadamente el PCCC. Este personal estará integrado por Ingenieros Civiles, Geotecnólogos, Técnicos en Laboratorio de Suelos o Tecnólogos en Obras Civiles. Todo el personal deberá tener un mínimo de dos (2) años de experiencia en su área de especialización.

Los técnicos de Control de Calidad deben informar directamente al APCCC y deben realizar las siguientes funciones:

- (1) Inspeccionar la conformidad de todos los materiales, obras, plantas y equipos con las especificaciones técnicas y según lo requerido por el numeral 6.
- (2) Realización de todos los ensayos de Control de Calidad según lo exigen las especificaciones técnicas y el numeral 8.
- (3) Realización de pruebas para el Interventor cuando así lo requieran las especificaciones técnicas.

**c. Niveles de ocupación del personal**

El Constructor deberá proporcionar suficiente personal calificado de Control de Calidad para monitorear cada actividad de la obra en todo momento. Cuando se produzca material en una planta para incorporarlo a la obra, se proporcionarán técnicos de planta y de campo separados en cada planta y punto de aplicación en campo. La programación y coordinación de todas las inspecciones y ensayos debe coincidir con el tipo y el ritmo de la actividad laboral. El PCCC indicará dónde se requerirán diferentes técnicos para diferentes ítems de obra.

## 4 CRONOGRAMA DE PROGRESO DEL PROYECTO

Las actividades críticas de Control de Calidad deben presentarse con claridad en el cronograma del proyecto.

## 5 PROGRAMA DE ENTREGA DE INFORMES

El Constructor deberá presentar una lista detallada de todas las entregas de informes (por ejemplo, diseños de mezclas, certificaciones de materiales) y diagramas de taller requeridos por las especificaciones técnicas. El listado puede desarrollarse en una de hoja de cálculo e incluirá como mínimo:

- a. Número de especificación del ítem.
- b. Descripción del ítem.
- c. Descripción del informe.
- d. Numeral de la especificación que ordena la entrega del informe.
- e. Fecha programada de entrega del informe.

## 6 REQUERIMIENTOS DE INSPECCIÓN

Las funciones de inspección del Control de Calidad se organizarán para proveer la inspección de todas las características definibles de la obra, tal como se detalla a continuación. Todas las inspecciones serán documentadas por el Constructor según lo especificado en el numeral 9.

Las inspecciones se realizarán según sea necesario para garantizar el cumplimiento continuo de los requerimientos del Contrato hasta la finalización de cada aspecto particular de la obra. Las inspecciones incluirán los siguientes requisitos mínimos:

- a. Durante la operación de la planta para la producción de material, se emplearán los resultados de los ensayos de control de calidad y las inspecciones periódicas para garantizar la calidad de los agregados y otros componentes de la mezcla, y para ajustar y controlar la proporción de la mezcla para cumplir con el diseño de mezcla aprobado y otras exigencias de las especificaciones técnicas. Todos los equipos empleados en la dosificación y la mezcla se inspeccionarán para garantizar su correcto funcionamiento. El PCCC detallará cómo se lograrán y aplicarán estas y otras funciones del Control de Calidad.
- b. Durante las operaciones de campo, se emplearán los resultados de los ensayos de Control de Calidad y las inspecciones periódicas para garantizar la calidad de todos los materiales y la mano de obra. Se inspeccionará todo el equipo empleado en la colocación, el terminado y la compactación para garantizar su correcto funcionamiento y que todas las operaciones cumplan con las especificaciones técnicas y se encuentren dentro de las dimensiones, alineamientos, cotas y tolerancias especificadas en el plan. El PCCC documentará cómo se realizarán y aplicarán estas y otras funciones del Control de Calidad.

## 7 INSTALACIONES DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL CONSTRUCTOR

- a. En los proyectos que incluyen el Ítem P-401, el Ítem P-403 y el Ítem P-404, el Constructor se asegurará de que se proporcionen las instalaciones, incluidos todos los equipos, materiales y estándares de referencia actuales, que cumplan con los requisitos en los siguientes numerales de la especificación *ASTM D3666 "Standard Specification for Minimum Requirements for Agencies Testing and Inspecting Road and Paving Materials"*:

- 8.1.3. Calibración y verificación de equipos.
  - 8.1.9. Registros de calibración, estandarización y verificación de equipos.
  - 8.1.12. Métodos y procedimientos de ensayo.
- b. En los proyectos que incluyen el Ítem P-501, el Constructor se asegurará de que se proporcionen las instalaciones, incluidos todos los equipos, materiales y estándares de referencia actuales, que cumplan con los requisitos en los siguientes numerales de la especificación *ASTM C1077 “Standard Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation”*:
- 7. Métodos y procedimientos de ensayo.
  - 8. Instalaciones, equipos y procedimientos complementarios

## 8 PLAN DE ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD

El Constructor implementará un plan de ensayos de Control de Calidad como parte del PCCC, según lo exijan las especificaciones técnicas. El plan incluirá los ensayos mínimos y sus frecuencias requeridas por cada especificación técnica de un Ítem, así como también cualquier prueba de Control de Calidad adicional que el Constructor considere necesaria para controlar adecuadamente los procesos de producción y construcción.

El plan de ensayos de Control de Calidad puede desarrollarse en forma de hoja de cálculo y debe incluir, como mínimo, lo siguiente:

- a. Número de especificación del ítem (por ejemplo, P-401).
- b. Descripción del ítem (por ejemplo, Concreto asfáltico para pavimentación).
- c. Tipo de ensayo (por ejemplo, granulometría, niveles, contenido de asfalto).
- d. Estándar de ensayo (por ejemplo, ASTM o INV, según corresponda).
- e. Frecuencia de ensayo (por ejemplo, según lo exijan las especificaciones técnicas o la frecuencia mínima cuando no se especifiquen los requisitos).
- f. Responsabilidad (por ejemplo, Técnico de la planta).
- g. Requerimientos de control (por ejemplo, objetivo, desviaciones permitidas).

El plan de ensayos de Control de Calidad deberá contener un procedimiento estadístico de muestreo aleatorio para la toma de muestras de ensayo de acuerdo con el método INV E-730-13. El Interventor tendrá la oportunidad de presenciar el muestreo y los ensayos de Control de Calidad.

El Constructor deberá documentar todos los resultados de los ensayos de Control de Calidad como lo indica el numeral 9.

## 9 DOCUMENTACIÓN

El Constructor deberá mantener registros actualizados de Control de Calidad de todas las inspecciones y ensayos realizados. Estos registros deben incluir evidencia objetiva de que se han realizado las inspecciones o ensayos de Control de Calidad requeridos, incluido el tipo y la cantidad de inspecciones o ensayos involucrados; los resultados de las inspecciones o ensayos; la naturaleza de los defectos, desviaciones, causas de rechazo, etc.; la acción remedial propuesta; y las acciones correctivas tomadas.

Estos registros deben cubrir tanto las características conformes como no-conformes o deficientes, y deben incluir una declaración de que todos los suministros y materiales incorporados en la obra cumplen con los términos del

Contrato. Diariamente, se entregarán a la Interventoría copias legibles de estos registros. Los registros deberán cubrir todas las obras realizadas de forma posterior a los registros provistos con anterioridad, y serán verificados y firmados por el APCCC.

Los registros de Control de Calidad del Constructor requeridos para el Contrato deben incluir, entre otros, los siguientes:

**a. Informes diarios de inspección.** Cada Técnico de Control de Calidad del Constructor deberá mantener un registro diario de todas las inspecciones realizadas tanto para las operaciones del Constructor como para las de los subcontratistas. Los informes diarios de estos técnicos deberán proporcionar evidencia objetiva de que se han realizado inspecciones continuas de Control de Calidad y, como mínimo, incluirán lo siguiente:

- (1) Número de especificación del ítem y su descripción.
- (2) Cumplimiento de las entregas de informes aprobadas.
- (3) Almacenamiento adecuado de materiales y equipos.
- (4) Operación adecuada de todos los equipos.
- (5) Adhesión a planos y especificaciones técnicas.
- (6) Resumen de cualquier acción correctiva necesaria.
- (7) Inspección de seguridad.
- (8) Fotografías y/o video.

Los informes diarios de inspección identificarán todas las inspecciones y ensayos de Control de Calidad realizados, los resultados de las inspecciones, la ubicación y la naturaleza de los defectos encontrados, las causas de rechazo y las medidas remediales o correctivas tomadas o propuestas.

Los informes de inspección diarios deberán estar firmados por el Técnico de Control de Calidad responsable y el APCCC. Se le proporcionará al APCCC al menos una copia de cada informe de inspección diario el día hábil siguiente al día de registro. Cuando la inspección de Control de Calidad y los resultados de los ensayos se registren y transmitan electrónicamente deberán archivarlos apropiadamente.

**b. Informes diarios de ensayos.** El Constructor será responsable de establecer un sistema que registre todos los resultados de los ensayos de Control de Calidad. Los informes de ensayos diarios documentarán la siguiente información:

- (1) Número de especificación del ítem y su descripción.
- (2) Designación del ensayo.
- (3) Ubicación.
- (4) Fecha del ensayo.
- (5) Requerimientos de control.
- (6) Resultados del ensayo.
- (7) Causas de rechazo.
- (8) Acciones correctivas recomendadas.
- (9) Repetición de ensayos.

Los resultados de los ensayos de la jornada de trabajo de cada día se enviarán al Interventor antes del inicio de la jornada de trabajo del día siguiente. Cuando así lo requieran las especificaciones técnicas, el Constructor deberá mantener Gráficos estadísticos de Control de Calidad. Cuando los resultados de los ensayos diarios de Control de Calidad se registran y transmitan electrónicamente deberán archivarlos apropiadamente.

## **10 REQUERIMIENTOS DE ACCIONES CORRECTIVAS**

El PCCC indicará la acción apropiada que se tomará cuando se considere, o se crea, que un proceso está fuera de control (fuera de tolerancia) y detallará qué acción se tomará para controlarlo. Los requisitos para la acción correctiva incluirán tanto los requisitos generales para la operación del PCCC en su conjunto, como para los ítems individuales de obra contenidos en las especificaciones técnicas.

El PCCC detallará cómo se utilizarán los resultados de las inspecciones y los ensayos de control de calidad para determinar la necesidad de una acción correctiva, y contendrá reglas claras para evaluar cuándo un proceso está fuera de control y el tipo de corrección que se debe tomar para recuperar el control del proceso.

Cuando corresponda, o lo requieran las especificaciones técnicas, el Constructor deberá desarrollar Gráficos Estadísticos de Control de calidad para pruebas individuales del control de calidad. Los requisitos para la acción correctiva se vincularán a los Gráficos de Control.

## **11 INSPECCIÓN Y/O OBSERVACIONES DEL INTERVENTOR**

Todos los ítems de materiales y equipos están sujetos a inspección y observación por el Interventor en el punto de producción, fabricación o envío para determinar si el Constructor, productor, fabricante o remitente mantiene un adecuado sistema de control de calidad conforme con los requisitos descritos aquí y en las especificaciones técnicas y planos aplicables. Además, todos los ítems de materiales, equipos y obra en el lugar estarán sujetos a inspección y observación por el Interventor en el sitio con el mismo propósito.

La inspección y observación del Interventor no eximen al Constructor de realizar inspecciones de control de calidad de su trabajo o el de los subcontratistas en la obra o fuera de ella.

## **12 NO CONFORMIDAD**

El Interventor notificará por escrito al Constructor sobre cualquier incumplimiento de su PCCC. Después de recibir dicha notificación, el Constructor debe tomar las medidas correctivas.

Cuando las actividades de Control de Calidad no cumplen con las disposiciones del PCCC o del Contrato, o cuando el Constructor no desarrolla y mantiene adecuadamente un PCCC efectivo y no ha tomado medidas correctivas efectivas después de la notificación de no conformidades, el Interventor recomendará que la Entidad tome las siguientes acciones:

- (1) Ordenar al Constructor que reemplace al personal o subcontratistas de Control de Calidad ineficaces o no calificados y/o
- (2) Ordenar al Constructor que detenga las operaciones hasta que se tomen las medidas correctivas apropiadas.

## **13 MÉTODO DE MEDIDA**

### **13.1 Base de medida y pago**

El Programa de Control de Calidad del Constructor (PCCC) incluye el personal, los ensayos, las instalaciones y la documentación requerida para implementar el PCCC. El PCCC se pagará como una suma global con el siguiente

calendario de pagos parciales:

- a. 25% con la primera solicitud de pago por la aprobación de PCCC y la finalización del Taller de CC/AC.
- b. 25% adicional cuando el Constructor haya cobrado el 25% o más del Contrato original.
- c. 20% adicional cuando el Constructor haya cobrado el 50% o más del Contrato original.
- d. 20% adicional cuando el Constructor haya cobrado el 75% o más del Contrato original.
- e. 10% final después de la inspección final y la aceptación del proyecto.

## **14 BASE DE PAGO**

El pago se hará bajo el ítem:

Ítem C-100. Plan de Control de Calidad del Constructor (PCCC).

**\*\* Fin del Ítem C-100 Programa de Control de Calidad del Constructor (PCCC) \*\***

# Ítem D-705 Subdrén con geotextil y tubería para aeropuertos

## 1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de subdrenes con geotextil, material granular, tubería perforada y material de cobertura en los sitios señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor.

La colocación de un geotextil en contacto con el suelo permite el paso del agua, a largo plazo, dentro del sistema de drenaje subsuperficial, reteniendo el suelo adyacente. Las características del geotextil para filtración serán función de la gradación del suelo del sitio y de las condiciones hidráulicas del mismo. Este Ítem establece los criterios y procedimientos para garantizar la calidad del geotextil y su supervivencia frente a los esfuerzos producidos durante la instalación, de conformidad con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

El presente Ítem también consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tuberías de plástico, del tipo y con los diámetros, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos del proyecto u ordenados por el Interventor; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de éstas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas y la remoción y disposición del material sobrante.

## 2 MATERIALES

### 2.1 Geotextil

En general, se podrán emplear geotextiles cuyas fibras estén elaboradas a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del 95 % en masa de poliolefinas o poliéster; la misma composición aplica para los hilos de las costuras. Las fibras del geotextil deberán conformar una red estable que mantenga la estabilidad dimensional entre ellas, incluyendo los bordes.

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil serán los establecidos en los documentos del proyecto en función de las características y condiciones de este y los procedimientos de instalación, así como de la granulometría, de la plasticidad y de las condiciones hidráulicas del suelo.

En este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener el geotextil para aplicaciones rutinarias de separación y drenaje.

El geotextil escogido en el diseño deberá tener las siguientes características de comportamiento:

- Deberá tener la capacidad para dejar pasar el agua, a largo plazo, hacia el material drenante.
- Deberá retener las partículas de suelo en su sitio y prevenir su movimiento a través del geotextil.
- Si algunas partículas de suelo se mueven, el geotextil deberá dejarlas pasar sin que se obstruyan los poros de este o se forme una película que restrinja el paso del agua.

Se deberán usar geotextiles no tejidos o tejidos, siempre y cuando estos últimos no sean de hilos o cintas planas; dependiendo de las condiciones hidráulicas y del suelo, así como de la función definida en el diseño, podrá ser preferible usar uno u otro tipo de geotextil, para lo cual se deberán tener en cuenta las indicaciones dadas en la publicación FHWA NHI-07-092, NHI Course No. 132013, “*Geosynthetic Design & Construction Guidelines*”.

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Ítem.

### 2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades de resistencia de los geotextiles dependen de los requerimientos de supervivencia y de las condiciones y de los procedimientos de instalación. Las propiedades mecánicas para condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 1 en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR).

**Tabla 1. Propiedades Mecánicas del Geotextil en Términos de VMPR y Medidas en el Sentido más Débil del Geotextil**

Característica	Método de ensayo	Requisito (VMPR)	
		Geotextiles Tejidos	Geotextiles No Tejidos
Elongación	ASTM D4632	< 50%	≥ 50%
Resistencia a la tensión Grab	ASTM D4632	Mínimo 1,100 Newton	Mínimo 700 Newton
Resistencia a la costura	ASTM D4632	Mínimo 990 Newton	Mínimo 630 Newton
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro	ASTM D6241	Mínimo 2,200 Newton	Mínimo 1,375 Newton
Resistencia al rasgado trapezoidal <sup>(1)</sup>	ASTM D4533	Mínimo 400 Newton	Mínimo 250 Newton

(1) El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 120 N.

### 2.1.2 Propiedades hidráulicas y de filtración

Las propiedades hidráulicas y de filtración mínimas que deberá cumplir el geotextil se indican en la Tabla 2 en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR); estas propiedades están en función del contenido de finos (porcentaje de suelo que pasa el tamiz No. 200) del suelo que va a quedar en contacto con el geotextil.

**Tabla 2. Propiedades Hidráulicas y de Filtración Mínimas del Geotextil en Términos de VMPR**

Característica	Método de ensayo	Porcentaje de suelo que pasa el tamiz de 75 µm (N0. 200) <sup>(1)</sup>		
		< 15	15 a 50	> 50
		Requisito (VMPR)		
Permitividad, valor mínimo (s <sup>-1</sup> ) <sup>(3)</sup>	ASTM D4491	0.5	0.2	0.1
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm) <sup>(3)</sup>	ASTM D4751	0.43 Tamiz No. 40	0.25 Tamiz No. 60	0.22 Tamiz No. 70 <sup>(2)</sup>
Estabilidad ultravioleta después de 500 horas de exposición, valor mínimo	ASTM D4355	70%		

(1) El porcentaje de suelo que pasa el tamiz No. 200 corresponde a la fracción de la granulometría (norma de ensayo INV E-123) del suelo aguas arriba del geotextil.

(2) El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo. Para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a siete (7), el valor máximo promedio por rollo de tamaño de abertura aparente deberá ser de treinta centésimas de milímetro (0.30 mm).

(3) Estos valores de las propiedades de filtración se basan en la granulometría predominante del suelo.

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto podrán especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo ASTM D4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo) y/o de ensayos de comportamiento basados en los diseños para sistemas de drenaje en condiciones de suelos problemáticos.

Se requerirán diseños particulares del geotextil para drenaje y filtración especialmente para las siguientes condiciones de suelos problemáticos: suelos inestables o altamente erosionables, tales como limos no cohesivos; suelos de gradación discontinua; suelos estratificados con alternancia de capas arenosas y limosas; suelos dispersivos o polvo de roca.

### 2.1.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

## 2.2 Material granular drenante

Podrá provenir de la trituración de roca o ser de cantos rodados, o una mezcla de ambos, y estará constituido por fragmentos duros y resistentes a la acción de los agentes del intemperismo. Además, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

### 2.2.1 Granulometría del material granular drenante

El material drenante deberá ajustarse a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 3, evaluada con los métodos INV E-213-13.

**Tabla 3. Granulometría del Material Drenante**

Tamiz U.S. Standard (mm)	Porcentaje que pasa en pasa	
	Material Granular Drenante No. 1	Material Granular Drenante No. 2
1 ½" (37.5 mm)		100
1" (25 mm)		90 – 100
¾" (9.5 mm)	100	25 – 60
No. 4 (4.75 mm)	95 – 100	5 – 40
No. 8 (2.36 mm)		0 – 20
No. 16 (1.18 mm)	45 – 80	
No. 50 (300 µm)	10 – 30	
No. 100 (150 µm)	0 – 10	

Cuando en los planos se especifiquen dos capas de material drenante, el material más fino deberá ajustarse a los tamaños tabulados como Material Granular Drenante No. 1. El material más grueso deberá satisfacer la gradación tabulada como Material Granular Drenante No. 2.

### 2.2.2 Calidad de las partículas minerales del material granular drenante

El material deberá estar libre de partículas finas y de material orgánico. En la Tabla 4 se indican los requisitos que deberá cumplir el material granular drenante.

**Tabla 4. Requisitos del Material Granular Drenante**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Resistencia a la degradación	Pérdida: 40% máximo	INV E-219-13
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	Pérdida luego de cinco ciclos: 12% máximo empleando sulfato de sodio o 18% máximo empleando sulfato de magnesio	INV E-220-13
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	0.25% máximo	INV E-211-13
Partículas livianas	1.0% máximo	INV E-221-13
Contenido de materia orgánica	0%	INV E-121-13
Límite líquido	NP	INV E-125-13
Índice de plasticidad	NP	INV E-125-13 INV E-126-13
Equivalente de arena	25% mínimo	INV E-133-13

### 2.3 Material de cobertura

El material de cobertura para el subdrén deberá cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto y en los siguientes numerales:

#### 2.3.1 Granulometría del material de cobertura

El material de cobertura deberá ajustarse a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 5, evaluada con los métodos INV E-213-13 e INV E-214-13.

**Tabla 5. Granulometría del Material de Cobertura**

Tamiz U.S. Standard (mm)	Porcentaje que pasa en pasa		
	Material de Cobertura No. 1	Material de Cobertura No. 2	Tolerancia en la producción sobre la fórmula de trabajo
3" (75 mm)	100		± 7%
1 ½" (37.5 mm)		100	
1" (25 mm)	70 – 100	70 – 100	
No. 4 (4.75 mm)	30 – 75	30 – 75	± 6%
No. 200 (75 µm)	5 – 30	5 – 30	± 3%

#### 2.3.2 Calidad de las partículas minerales del material de cobertura

En la Tabla 6 se indican los requisitos que deberá cumplir el material de cobertura.

**Tabla 6. Requisitos del Material Granular de Cobertura**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Resistencia a la degradación	Pérdida: 50% máximo	INV E-218-13
Contenido de materia orgánica	1.0% máximo	INV E-121-13
Límite líquido	45% máximo	INV E-125-13

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Índice de plasticidad	10% máximo	INV E-125-13 INV E-126-13
Expansión en prueba CBR	2.0% máximo	INV E-148-13
CBR de laboratorio: Porcentaje asociado con el valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión.	10% mínimo	INV E-148-13

## 2.4 Tubería

La tubería y los accesorios serán del tipo y las características indicadas en los planos y demás documentos del proyecto; deberán estar de acuerdo con la norma AASHTO M252 “*Standard Specification for Corrugated Polyethylene Drainage Pipe*”.

## 2.5 Sello de juntas

Salvo que los documentos del contrato indiquen otra cosa, las juntas deberán ser impermeables con sello de elastómero según la norma ASTM F477 “*Standard Specification for Elastomeric Seals (Gaskets) for Joining Plastic Pipe*”.

## 2.6 Mortero para juntas

El mortero para juntas de tuberías debe consistir en una parte en volumen de cemento Portland y dos partes de arena. El cemento Portland debe cumplir con los requisitos para Cemento Portland Tipo I de acuerdo con el Artículo 501-13 “*Suministro de Cemento Hidráulico*” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia. La arena debe cumplir con los requisitos del numeral 630.2.2.1 “*Agregado fino*” del Artículo 630-13 “*Concreto Estructural*” de dichas especificaciones.

# 3 EQUIPO

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cabal cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

Se deberá disponer de los equipos necesarios para colocar el geotextil y para explotar, triturar, procesar, cargar, transportar, colocar y compactar el material drenante. También para colocar y compactar el material que sellará el filtro, así como para su explotación, trituración, procesamiento, cargue y transporte. Asimismo, se requieren equipos para el transporte de la tubería y su colocación en el sitio de las obras.

# 4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

## 4.1 Generalidades

El Interventor exigirá al Constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada programación entre las actividades de apertura de la excavación y de construcción del subdrén, de manera que aquella quede expuesta el menor tiempo posible para evitar que el material in-situ alrededor de la excavación pierda sus condiciones iniciales.

Las labores de explotación de materiales y elaboración de agregados para el material drenante y material de cobertura diferente al material de excavación se deberán ejecutar de acuerdo con lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

Será responsabilidad del Constructor la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la cual deberá ser visible durante las veinticuatro (24) horas del día.

## **4.2 Preparación del terreno**

La construcción del subdrén solo será autorizada por el Interventor cuando la excavación haya sido terminada, de acuerdo con las dimensiones, las pendientes, las cotas y las rasantes indicadas en los planos del proyecto o las ordenadas por el Interventor. La excavación se deberá ejecutar de acuerdo con lo indicado en el Artículo 600 “Excavaciones Varias” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

## **4.3 Condiciones normales de instalación del geotextil**

El geotextil se deberá colocar cubriendo totalmente la parte inferior y las paredes laterales de la excavación, evitando que se produzcan arrugas y asegurando el contacto permanente con el suelo, sin que queden vacíos entre geotextil y suelo. Se deberá dejar por encima la cantidad de geotextil suficiente para que, una vez se acomode el material drenante, se cubra en su totalidad con un traslapeo mínimo de treinta centímetros (0.30 m) o mediante la realización de una costura industrial. Los tramos sucesivos de geotextil se traslaparán longitudinalmente cuarenta y cinco centímetros (0.45 m) como mínimo y se deberá traslapar o coser el geotextil aguas arriba sobre el geotextil aguas abajo.

El Constructor deberá tener el suficiente cuidado durante el manejo e instalación del geotextil, de manera que éste no se contamine. Si el geotextil se contamina, el Constructor deberá removerlo y reemplazarlo con material nuevo, sin costo adicional para el proyecto.

No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días.

## **4.4 Elaboración de costuras**

Las costuras deberán cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo deberá ser kevlar, aramida, polietileno, poliéster o polipropileno. No se permitirán hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se permitirán aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en peso, de fibras naturales. Tampoco se permitirán costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada podrá ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada deberá ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 – 200) puntadas por metro lineal.
- La tensión del hilo se deberá ajustar en el campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies a coser. Si se hace la costura a mano, se deberán tener los cuidados necesarios para que, al pasar el hilo, el rozamiento no “funda” las fibras del geotextil.
- Dependiendo del tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se podrá realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.

- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo con la norma ASTM D4632, deberá ser, como mínimo, el 90% de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se cose, medida de acuerdo con la misma norma de ensayo.

## **4.5 Preparación de las condiciones de instalación de la tubería**

### **4.5.1 Aspectos generales**

La secuencia de ejecución de la instalación que implemente el Constructor debe garantizar que se cumplen las condiciones de diseño.

Cuando una corriente de agua impida la ejecución de los trabajos, el Constructor deberá desviarla hasta cuando se pueda conducir a través de la tubería sin superar la capacidad hidráulica de esta de acuerdo con los documentos de diseño.

Se deberán implementar medidas para prevenir la migración de finos cuando los niveles de agua o las condiciones existentes pueden propiciar su ocurrencia, con el fin de evitar la pérdida de soporte de la tubería.

### **4.5.2 Excavación de la zanja**

El ancho de la zanja debe ser suficiente para permitir una unión satisfactoria de la tubería y el apisonamiento del material de base debajo y alrededor de la tubería, pero no debe ser menor que el diámetro externo de la tubería más quince centímetros (15 cm) en cada lado, ni mayor que los anchos que se muestran en los planos de detalle de la zanja. Las paredes de la zanja serán aproximadamente verticales.

El Constructor deberá cumplir con todas las normas vigentes que rigen la seguridad del personal y los materiales durante las operaciones de excavación, instalación y relleno.

El fondo de la zanja deberá excavarse a una profundidad de no menos de diez centímetros (10 cm) debajo de las cotas especificadas del fondo de la tubería.

Cuando se encuentre roca u otro material rígido, el Constructor lo excavará por debajo del nivel de cimentación a una profundidad de al menos veinte centímetros (20 cm) o doce milímetros (12 mm) por cada treinta centímetros (30 cm) de relleno sobre la parte superior de la tubería (lo que sea mayor), pero no más de tres cuartos del diámetro nominal de la tubería. La excavación por debajo del nivel de cimentación deberá rellenarse con material granular para formar una base uniforme.

Cuando no se encuentre una base firme en el nivel establecido de cimentación debido a un suelo blando o inestable, este se eliminará y se reemplazará con material granular aprobado para todo el ancho de la zanja. El Interventor determinará la profundidad de remoción necesaria. El material granular debe compactarse para proporcionar un soporte adecuado para la tubería.

La excavación de tuberías colocadas en terraplenes no se realizará hasta que el terraplén se haya completado a una altura por encima de la parte superior de la tubería como se muestra en los planos.

La longitud de zanja por delante de la instalación de la tubería deberá ser la mínima posible. No se debe colocar el material de excavación cerca al borde de la zanja.

Todas las excavaciones se realizarán conforme se indica en el Artículo 600, “*Excavaciones Varias*” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, previo el desmonte y limpieza requeridos.

#### **4.5.3 Entibado**

El Constructor deberá implementar todas las medidas que se requieran para mantener la estabilidad de la excavación y garantizar la protección de los trabajadores, la obra en construcción y/o las construcciones vecinas existentes alrededor.

Independiente de las condiciones de estabilidad de la zanja, se deberán instalar entibados para zanjas que tengan más de ciento veinte centímetros (1.2 m) de profundidad en la cual deban entrar trabajadores.

#### **4.6 Colocación del material de solado para la tubería**

El material de cama o base que servirá de apoyo a la tubería será granular, con las características que se indiquen en los planos y documentos del proyecto. Este material se colocará antes de la instalación de la tubería.

El material de solado se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido el numeral 5.2.4.1. El espesor de las capas para construir el solado será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor de este.

#### **4.7 Colocación de la tubería**

La tubería se instalará siguiendo los requisitos de la norma ASTM D2321 “*Standard Practice for Underground Installation of Thermoplastic Pipe for Sewers and Other Gravity-Flow Applications*”. La tubería se colocará en forma ascendente, comenzando por el lado de salida y con los extremos acampanados o de ranura dirigidos hacia el cabezal o caja de entrada de la obra. Antes de instalar la tubería dentro de la zanja, se deberán inspeccionar y limpiar las uniones.

Todo extremo aguas arriba de la tubería que no termine en una estructura se taponará según lo apruebe el Interventor.

El fondo de la tubería se deberá ajustar a los alineamientos y cotas señalados en los planos del proyecto. Cada tramo de tubo deberá quedar completamente soportado y se deberán verificar su alineamiento y cotas antes de colocar el siguiente tramo.

En las instalaciones múltiples de tubería, la línea central de cada una deberá ser paralela a las demás. Si los planos no indican otra cosa, la distancia libre entre dos (2) líneas de tubería deberá ser igual a medio (1/2) diámetro, pero no menos de seiscientos milímetros (600 mm).

Las perforaciones deben cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M252 “*Standard Specification for Corrugated Polyethylene Drainage Pipe*”, a menos que se indique algo diferente en los planos y documentos del proyecto.

#### **4.8 Juntas de las tuberías**

Las juntas se ejecutarán siguiendo las instrucciones del fabricante. Se deberán limpiar todas las partes de la junta, incluyendo material de sello flexible. Antes de insertar el nuevo tubo al que ya se encuentra instalado, estos se

deberán alienar; el empuje para la inserción deberá hacerse con presión constante, protegiendo el tubo que se empuja con madera o algún elemento similar para prevenir que el equipo de empuje cause algún deterioro.

#### **4.9 Mortero**

El mortero deberá tener la consistencia deseada para calafatear y rellenar las juntas de la tubería y para hacer conexiones a otras tuberías o estructuras. El mortero que no se use dentro de los 45 minutos posteriores a la adición de agua debe desecharse. No se permitirá volver a templar el mortero.

#### **4.10 Relleno de atraque**

El material de atraque que le dará soporte a la parte inferior de tubo, en sus costados, será granular, con las características que se indiquen en los planos y documentos del proyecto.

El material de atraque se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en el numeral 5.2.4.1. El espesor de las capas para construir el atraque será el adecuado para que, con los equipos contemplados en el proyecto, se alcance el grado de compactación especificado en todo el espesor de este; el avance del relleno de atraque deberá ser parejo a ambos lados del tubo para evitar el desplazamiento de este. La compactación del material de atraque debe lograr que el tubo quede totalmente apoyado, sin vacíos o zonas de baja densidad.

#### **4.11 Colocación del material granular drenante**

El material granular drenante se colocará dentro de la zanja en capas de espesor suelto no mayores que quince centímetros (15 cm) y empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la excavación. Para las condiciones normales de instalación, la altura máxima de caída del material no deberá exceder un metro (1 m).

La compactación del material granular drenante se deberá realizar utilizando procedimientos apropiados, buscando el acomodamiento de las partículas y el contacto permanente y completo entre el geotextil y el suelo. El material granular drenante se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en el numeral 5.2.4.1.

El material granular drenante seguirá avanzando lentamente de la misma manera hasta cubrir el tubo con un espesor no menor de treinta centímetros (30 cm).

El relleno de material drenante se llevará a cabo hasta la altura indicada en los planos o la autorizada por el Interventor.

Antes de cubrir o finalizar el subdrén, se eliminará cualquier material inadecuado visible en el material granular drenante. El material granular drenante que contenga material objetable debe eliminarse y reemplazarse con material adecuado. El costo de retirar y reemplazar cualquier material inadecuado correrá a cargo del Constructor.

Salvo que los planos o documentos del proyecto indiquen otra cosa, cuando una capa de subbase granular se extienda más allá del borde del pavimento hasta el borde exterior del subdrén, el material granular drenante se colocará en la excavación hasta una elevación de cinco centímetros (5 cm) por encima del nivel inferior de la subbase granular. Inmediatamente antes de la colocación de la capa de subbase granular, el Constructor deberá raspar este exceso de material granular drenante de la parte superior del subdrén a la subrasante adyacente donde se puede incorporar a la capa de subbase granular. Cualquier material inadecuado que quede sobre la zanja del subdrén deberá retirarse y reemplazarse. El material de la subbase se colocará para proporcionar un contacto limpio entre el material de la subbase y el material granular drenante en todo el ancho del subdrén.

#### **4.12 Cobertura del subdrén**

Salvo que los planos o documentos del proyecto indiquen otra cosa, cuando se complete el relleno del subdrén con el material granular drenante, éste se cubrirá totalmente con el geotextil haciendo los traslajos o las costuras según los numerales 4.3 y 4.4 de este Ítem.

El geotextil se cubrirá inmediatamente con el tipo de material especificado en los documentos del proyecto, que cumpla con los requisitos pertinentes entre los mencionados en el numeral 2.3.

El material de cobertura se colocará y compactará en capas sucesivas de espesor no mayor a quince centímetros (15 cm), hasta la altura requerida en los planos u ordenada por el Interventor. El material de cobertura se deberá compactar hasta alcanzar grado de compactación establecido en el numeral 5.2.4.1.

#### **4.13 Limpieza y restauración del sitio**

Terminados los trabajos, el Constructor deberá limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el Interventor, de acuerdo con procedimientos aprobados por éste. Salvo por las áreas pavimentadas del aeropuerto, el Constructor deberá restaurar todas las áreas alteradas a su condición original.

#### **4.14 Control del tránsito**

El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la permanente seguridad del tránsito de vehículos y equipos de construcción.

#### **4.15 Limitaciones a la ejecución**

No se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Ítem cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por la Entidad Contratante, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### **4.16 Reparaciones**

Todos los defectos que se presenten en excavación de la zanja; en la extensión, en los traslajos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la colocación y compactación tanto del material drenante como de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para el proyecto.

#### **4.17 Manejo ambiental**

Todas las labores de fabricación de subdrenes con geotextil y material granular se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los documentos o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

## **5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

### **5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Constructor.
- Verificar que las excavaciones tengan las dimensiones y pendientes señaladas en los planos o las ordenadas por el Interventor, antes de iniciar la construcción del filtro.
- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos exigidos por la presente especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados durante el período de ejecución de la obra.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la elaboración y la colocación de los agregados, la colocación de la tubería, la colocación del geotextil y la colocación de la capa de cobertura del subdrén.
- Supervisar la correcta disposición de los materiales sobrantes en los sitios definidos para este fin.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y al material granular drenante. Los ensayos de control relacionados con el geotextil se deberán hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759.
- Comprobar que los tubos y demás materiales y mezclas por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación.
- Verificar que el alineamiento y pendiente de la tubería estén de acuerdo con los requerimientos de los planos.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

### **5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

#### **5.2.1 Calidad del geotextil**

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en la Tabla 1 y la Tabla 2. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor ni implica, necesariamente, la aceptación de la entrega.

Además, el Interventor deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m<sup>2</sup>) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m<sup>2</sup>).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se determinará de conformidad con las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del

producto, etc.), se deberán empaquetar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en la Tabla 1 y la Tabla 2.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 1 y la Tabla 2. Por ningún motivo se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

### **5.2.2 Calidad del material granular drenante y del material de cobertura distintos al material de excavación**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se verificará su calidad y granulometría, según los requisitos indicados en los numerales 2.2 y 2.3. Los resultados deberán satisfacer las exigencias allí establecidas; si los materiales no cumplen con la totalidad de los requisitos se rechazarán.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y al mínimo especificados.

### **5.2.3 Calidad de la tubería**

Los tubos de plástico deben cumplir con los criterios de aceptación establecidos en la norma aplicable de las mencionadas en el numeral 2.4.

### **5.2.4 Calidad del producto terminado**

La cota de cualquier punto del fondo de la excavación no deberá variar más de treinta milímetros (30 mm) de la proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota del fondo de la excavación podrá superar la cota del proyecto. En las obras concluidas no se admitirá ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas superficiales.

En adición a lo anterior, se deberán adelantar las siguientes comprobaciones:

#### *5.2.4.1 Compactación*

Para efectos de la verificación de la compactación se calculará el grado de compactación individual,  $GC_i$ , para cada sitio de ensayo de densidad en el terreno mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

a. Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx.}} \times 100 \quad [705.1]$$

b. Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx.}} \times 100 \quad [705.2]$$

Donde:

$GC_i$  : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$ : Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161-13 y E-162-13, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx.}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142-13 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx.}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142-13 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143-13, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142-13).

El peso unitario seco máximo corregido del material ( $C\gamma_{d,máx.}$ ) que se use para calcular el grado de compactación individual ( $GC_i$ ) se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (PFG) presente en ese sitio.

La capa de material se acepta si el grado de compactación individual  $GC_i$ , calculado para todos los ensayos de densidad en el terreno efectuados en la capa, cumple el siguiente criterio:

$$GC_i \geq 95\% \quad [705.3]$$

El número de pruebas por ejecutar en cada capa para realizar el control será definido por el Interventor.

Las capas de material que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán escarificarse, homogenizarse, llevarse a la humedad adecuada y compactarse nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

#### 5.2.4.2 Alineamiento de la tubería

La tubería será objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento de más de diez milímetros por metro de longitud (10 mm/m).

El Interventor tampoco aceptará los trabajos si, a su juicio, las juntas están deficientemente elaboradas.

Todos los materiales defectuosos y los desperfectos en los trabajos ejecutados deberán ser reemplazados y subsanados por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

## 6 MÉTODO DE MEDIDA

### 6.1 Geotextil

La unidad de medida del geotextil será el metro cuadrado ( $m^2$ ), aproximado a la décima de metro cuadrado, de geotextil medido en obra, colocado de acuerdo con los planos y esta especificación y debidamente aceptado por el Interventor. No se medirán los traslapes.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

## **6.2 Material granular drenante**

La unidad de medida del material granular drenante será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado a la décima de metro cúbico, de material suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

El volumen se determinará multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de esta y por la altura de colocación del material drenante indicadas en los planos del proyecto o autorizados por el Interventor.

## **6.3 Material de cobertura**

La unidad de medida del material de cobertura será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado a la décima de metro cúbico, de material suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

El volumen se determinará multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de esta y por la altura de colocación del material de cobertura indicados en los planos del proyecto o autorizados por el Interventor.

## **6.4 Tubería**

La unidad de medida de la tubería será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería de plástico suministrada y colocada de acuerdo con los planos, esta especificación y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería. Todos los accesorios se incluirán en el metraje como secciones de tubería típicas en la tubería que se mide.

No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites autorizados por el Interventor.

## **7 BASE DE PAGO**

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario del Ítem D-705.7-1, Geotextil, deberá incluir el suministro del geotextil en obra, su almacenamiento, transportes, colocación, costuras; traslajos y desperdicios.

El precio unitario del Ítem D-705.7-2, Material granular drenante, deberá incluir los costos del suministro, equipos y mano de obra para la adecuada colocación y compactación del material en la zanja del subdrén; la obtención de

permisos de explotación del material; la extracción y eventual trituración y/o lavado; la clasificación del material; cargues; transportes; descargues; almacenamiento; la adecuada disposición de los materiales sobrantes de todo el proceso de fabricación del subdrén; la señalización y el control del tránsito durante la etapa de construcción y en general todos los costos necesarios para la correcta ejecución de la unidad de obra correspondiente a esta especificación.

El precio unitario del Ítem D-705.7-3, Material de cobertura, deberá incluir todos los conceptos de costo enunciados para el Ítem D-705.7-2, Material granular drenante, excepto la disposición de los materiales sobrantes de todo el proceso de fabricación del subdrén y la señalización y control del tránsito durante la etapa de construcción, conceptos ya incluidos en el Ítem D-705.7-2.

El precio unitario del Ítem D-705.7-4, Tubería corrugada de polietileno para drenaje, norma AASHTO M252, deberá incluir todos los costos por concepto de suministro en el lugar de los tubos y su instalación; el suministro de los demás materiales requeridos para las juntas y conexiones; la ejecución de las juntas; las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas; y el suministro e instalación de los entibados que puedan requerirse.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se excluyen del precio unitario de los ítems anteriores la excavación de las zanjas, la cual se pagará de acuerdo con el Artículo 600 “Excavaciones Varias” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, es decir, que se excluyen explícitamente de las excavaciones contempladas en el Ítem P-152 de estas especificaciones.

También se excluyen los costos de construcción de cabezales, cajas de entrada y aletas, los cuales quedarán cubiertos por los Artículos 630 “Concreto Estructural” y 640 “Acero de Refuerzo” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

El pago se hará bajo el ítem:

Ítem D-705.7-1. a. Geotextil tejido tipo \_\_\_\_\_ por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

Ítem D-705.7-1. b. Geotextil no tejido tipo \_\_\_\_\_ por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

Ítem D-705.7-2. a. Material granular drenante No. 1 por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem D-705.7-2. b. Material granular drenante No. 2 por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem D-705.7-3. a. Material de cobertura No. 1 por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem D-705.7-3. b. Material de cobertura No. 2 por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem D-705.7-4. Tubería corrugada de polietileno para drenaje, norma AASHTO M252, de diámetro nominal \_\_\_\_\_, por metro lineal (m).

**\*\* Fin del Ítem D-705 Subdren con geotextil y tubería para aeropuertos \*\***

# Ítem D-710 Capa de Drenaje Estabilizada con Asfalto

## 1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consistirá en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una o más capas permeables de material granular estabilizado con asfalto, preparado en una planta central y colocado en caliente sobre una capa de separación o un geotextil, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor. Cada capa será construida con el espesor, sección típica y cotas requeridas por los planos y deberá compactarse, terminarse y aprobarse antes de la colocación de la siguiente capa.

## 2 MATERIALES

### 2.1 Agregado mineral

El agregado mineral consistirá en partículas limpias, duras y durables de roca o grava triturada, y deberá estar libre de películas de arcilla, limo, materia orgánica, terrones de arcilla u otros materiales deletéreos o contaminantes. El método empleado en la producción del agregado triturado deberá generar partículas fracturadas en el producto final tan consistentes y uniformes como sea posible.

El Constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en esta especificación.

Los agregados pétreos deberán poseer una naturaleza tal que, al aplicársele una capa del ligante asfáltico seleccionado para el trabajo, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adhesividad satisfactoria de acuerdo con las exigencias establecidas en esta especificación.

En la Tabla 1 se indican los requerimientos para el agregado mineral de la capa de drenaje estabilizada con asfalto:

**Tabla 1. Requerimientos del Agregado Mineral para Capa de Drenaje Estabilizada con Asfalto**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Resistencia a la degradación	Pérdida: 40% máximo	INV E-218-13
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	Pérdida luego de cinco ciclos: 12% máximo empleando sulfato de sodio o 18% máximo empleando sulfato de magnesio	INV E-220-13
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	2% máximo	INV E-211-13
Porcentaje de partículas fracturadas	Mínimo 90% en peso de partículas con al menos dos caras fracturadas y 98% con al menos una cara fracturada <sup>(1)</sup>	INV E-227-13
Partículas aplanadas, partículas alargadas, o partículas aplanadas y alargadas	10% máximo, por peso, de partículas aplanadas, alargadas, o aplanadas y alargadas <sup>2</sup>	INV E-240-13

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
CBR (%): Porcentaje asociado con el valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión.	80% mínimo	INV E-148-13

- (1) El área de cada cara deberá ser igual o mayor que el 75% de la sección media de menor tamaño del agregado. Cuando dos caras fracturadas sean contiguas, el ángulo entre los planos de las fracturas deberá ser por lo menos de 30° para que se puedan considerar como dos caras fracturadas.
- (2) Una partícula aplanada es la que tiene una relación entre el ancho y el espesor mayor que cinco (5); una partícula alargada es la que tiene una relación entre la longitud y el ancho mayor que cinco (5).

### 2.1.1 Requerimientos de gradación

La granulometría del material de capa de drenaje estabilizada con asfalto deberá satisfacer los requerimientos de gradación de alguna de las franjas indicadas en la Tabla 2 y evaluados con los métodos INV E-213-13 e INV E-214-13.

**Tabla 2. Requerimientos de Granulometría para Capa de Drenaje Estabilizada con Asfalto**

Designación del tamiz	Porcentaje en peso que pasa el tamiz		
	D-710#1	D-710#2	D-710#3
2 pulgada (50.0 mm)	--	--	100
1 ½ pulgada (37.5 mm)	--	100	95 – 100
1 pulgada (25 mm)	100	95 – 100	71 – 87
¾ pulgada (19.0 mm)	95 – 100	78 – 93	58 – 74
½ pulgada (12.5 mm)	70 – 86	58 – 73	44 – 60
⅜ pulgada (9.5 mm)	55 – 71	45 – 61	34 – 50
No. 4 (4.75 mm)	30 – 46	26 – 38	19 – 31
No. 8 (2.36 mm)	13 – 25	10 – 22	8 – 16
No. 16 (1.18 mm)	0 – 4	0 – 4	0 – 4
Espesor mínimo de la capa de drenaje (mm)	100	100	150

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de calidad exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa. La franja elegida corresponderá a la “*Fórmula de Trabajo*” que se deberá conservar durante la construcción de la capa sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

El tamaño máximo nominal no deberá exceder de ⅓ del espesor de la capa compactada. El espesor de la capa compactada no deberá ser mayor que 150 mm.

### 2.1.2 Pavimentos asfáltico reciclado o recuperado (“RAP”)

No se empleará pavimento asfáltico reciclado o recuperado (“RAP”) en la elaboración de las capas de drenaje estabilizadas con asfalto de esta especificación.

## 2.2 Material bituminoso

El ligante asfáltico deberá satisfacer el Artículo 410-13 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia del año 2013 para el Grado de Penetración 40-50.

### **2.3 Aditivos mejoradores de la adherencia entre los agregados y el asfalto**

Rige lo establecido en el numeral 2.3 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

## **3 EQUIPO**

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cabal cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

### **3.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

Rige lo establecido en el numeral 3.1 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

### **3.2 Planta para la fabricación de la mezcla de la capa de drenaje estabilizada con asfalto**

Rige lo establecido en el numeral 3.2 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

### **3.3 Esquio para la transferencia de la mezcla de la capa de drenaje estabilizada con asfalto**

Rige lo establecido en el numeral 3.3 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

### **3.4 Equipo para la extensión de la mezcla de la capa de drenaje estabilizada con asfalto**

Rige lo establecido en el numeral 3.4 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

### **3.5 Equipo de compactación**

Se deberán utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios. El equipo de compactación deberá contar con la aprobación del Interventor, con base en los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves; además, estarán dotados de dispositivos para la limpieza de los rodillos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

En lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación se permitirá el uso de otros equipos de tamaño y diseño adecuados para la labor por realizar.

### **3.6 Equipos de transporte**

Rige lo establecido en el numeral 3.6 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

### **3.7 Equipo accesorio**

Rige lo establecido en el numeral 3.8 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

## **4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### **4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

Rige lo establecido en el numeral 4.1 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

### **4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo**

#### **4.2.1 Generalidades**

##### *4.2.1.1 Laboratorio para la obtención de la fórmula de trabajo*

Rige lo establecido en el numeral 4.2.1.1 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

##### *4.2.1.2 Fórmula de trabajo*

Antes de iniciar el acopio de los agregados, el Constructor deberá suministrar, para verificación del Interventor, muestras de ellos y del producto bituminoso por emplear y de los eventuales aditivos, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en la mezcla. Una vez el Interventor efectúe las comprobaciones que considere convenientes y dé su aprobación a los ingredientes, el Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que obligatoriamente deberá cumplir las exigencias establecidas en esta especificación. En dicha fórmula se consignarán el tipo y las características del ligante asfáltico, la granulometría de los agregados pétreos, el porcentaje de ligante bituminoso en relación con la masa de los agregados secos, y los porcentajes de aditivos, respecto de la masa del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria.

La fórmula de trabajo será diseñada por un laboratorio que satisfaga los requerimientos del numeral 4.2.1.1. La mezcla de la capa de drenaje estabilizada con asfalto deberá diseñarse siguiendo los lineamientos del numeral 4.2.2.

De darse un cambio en las fuentes de materiales, deberá remitirse una nueva fórmula de trabajo al Interventor para su revisión y aceptación por escrito antes de emplear el nuevo material. Si luego de la aprobación por el Interventor de la fórmula de trabajo inicial se requiere, por cualquier razón, obtener una fórmula de trabajo nueva o modificada, el costo subsecuente de dicha fórmula, incluyendo la franja de control que pudiera pedir el Interventor, será a costa del Constructor.

En cualquier momento, el Interventor podrá solicitar muestras para su evaluación, antes o durante la producción, con el fin de verificar la calidad de los materiales y asegurar la conformidad con las especificaciones aplicables.

La fórmula de trabajo será remitida por el Constructor, por escrito, al menos treinta (30) días antes del inicio de las operaciones de pavimentación. La fórmula de trabajo deberá desarrollarse durante la obra y empleando las fuentes de agregados propuestas para el proyecto. La fórmula de trabajo deberá ser fechada y firmada por el Ingeniero responsable del laboratorio y deberá incluir, por lo menos, los siguientes elementos:

- Certificado del fabricante del ligante asfáltico empleado en la fórmula de trabajo de acuerdo con el numeral 2.2.

- Certificado del fabricante del aditivo para mejorar la adherencia si este se empleó en la obtención de la fórmula de trabajo y de acuerdo con el numeral 2.3.
- Certificado de los reportes de los ensayos para los agregados de acuerdo con el numeral 2.1.
- Porcentaje que pasa cada tamaño de tamiz para la gradación individual de cada tolva de alimentación en frío y/o en caliente; porcentaje por peso de cada tolva de alimentación en frío y/o en caliente empleada; y gradación total combinada de la fórmula de trabajo.
- Porcentaje de caras fracturadas.
- Porcentaje en peso de partículas aplanadas, partículas alargadas, y partículas aplanadas y alargadas (incluyendo los criterios de clasificación de cada tipo de partículas).
- Porcentaje de asfalto.
- Tiempos requeridos para la mezcla de agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el ligante bituminoso.
- Temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de los agregados y del ligante. En ningún caso, se introducirán en el mezclador agregados pétreos a una temperatura que sea superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15° C).
- Las temperaturas máximas y mínimas al salir del mezclador dependerán del tipo de mezcla y de la planta en la cual ésta se elabore. La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será mayor de ciento ochenta grados Celsius (180°C) en las plantas discontinuas, ni mayor de ciento sesenta y cinco grados Celsius (165°C) en las de tambor secador–mezclador.
- Tipo y cantidad de aditivo para mejorar la adherencia, en caso de que este sea empleado.
- Permeabilidad de la mezcla.
- Fecha de obtención de la fórmula de trabajo. Los diseños de mezclas sin fecha no serán aceptados.

La fabricación de la capa de drenaje estabilizada con asfalto y su puesta en obra no se podrá iniciar hasta contar con la aprobación de la correspondiente fórmula de trabajo por el Interventor. La aprobación definitiva de la fórmula de trabajo por el Interventor no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida por esta especificación. La fórmula aprobada sólo se podrá modificar durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Interventor.

#### 4.2.2 Diseño de la mezcla de la capa de drenaje estabilizada con asfalto

El diseño de la mezcla se hará de acuerdo con los lineamientos de la Tabla 3:

**Tabla 3. Criterios de Diseño para la Capa de Drenaje Estabilizada con Asfalto**

Criterio	Valor	Método
Contenido de ligante bituminoso en peso seco del agregado mineral	2.5% ± 0.5%	--
Temperatura de mezcla en el laboratorio	121°C	--
Preparación y presión de compactación en laboratorio	6,895 kPa	ASTM D1074
Permeabilidad de la mezcla	610 ± 235 metros / día	INV E-805-13

#### 4.3 Preparación de la superficie existente

La capa de drenaje estabilizada con asfalto no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva de la superficie existente deberán corregirse de acuerdo con lo establecido en ella.

Inmediatamente antes de colocar la capa de drenaje estabilizada con asfalto, la capa subyacente debe limpiarse de todo el polvo y partículas sueltas.

Antes de colocar una capa de drenaje estabilizada con asfalto sobre una capa de separación se debe aplicar un riego de imprimación de acuerdo con el Ítem P-602.

#### **4.4 Fase experimentación**

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas en acuerdo con el Interventor, los métodos definitivos de preparación, transporte, colocación, compactación de la capa de drenaje estabilizada con asfalto, así como las tasas de aplicación en obra, de manera que se cumplan los requisitos de esta especificación.

El Interventor tomará muestras de la mezcla para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas en los equipos y sistemas o, si llega a ser necesario, en la fórmula de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones.

El Interventor determinará si es aceptable la ejecución de los tramos de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

##### **4.4.1 Franja de control**

Se deberán construir una o más franjas de control al comienzo del trabajo con el propósito de determinar los requisitos de compactación del proyecto. Se deberá construir una franja de control adicional cuando: (i) cambien el tipo o fuente de agregados, (ii) siempre que se produzca un cambio en la composición del material de la misma fuente, o (iii) según las indicaciones del Interventor. Cada franja de control consistirá en un área de al menos 350 m<sup>2</sup> y se construirá con el mismo material y espesor que el especificado para la construcción de la capa de drenaje del proyecto.

La franja de control debe compactarse con un mínimo de dos pasadas del equipo de compactación. El equipo de compactación consistirá en compactadores de cilindro metálico liso con peso de 4.5 a 9.0 toneladas métricas. Se podrán emplear compactadores vibratorios en modo estático. La compactación excesiva puede causar degradación, sobredensificación y pérdida de permeabilidad.

La capa de drenaje estabilizada con asfalto se extenderá a una temperatura entre 93°C y 120°C medida en la tolva de la máquina pavimentadora. La compactación de la capa de drenaje comenzará cuando la mezcla se haya enfriado a 65°C y deberá completarse antes de que la temperatura caiga por debajo de 38°C. La compactación continuará hasta que no se obtenga un aumento apreciable de densidad con pasadas adicionales sin causar la trituración del agregado. La densidad de la franja de control se determinará con los métodos INV E-734-13, INV E-746-13 o INV E-802-13

Una vez completada la compactación, se realizarán un mínimo de diez (10) pruebas en ubicaciones aleatorias para determinar la densidad media in situ de la franja de control. El valor medio será la densidad máxima de referencia promedio para el material de capa de drenaje estabilizada con asfalto, de la misma fuente, que se emplee en cualquier área del proyecto.

#### **4.5 Aprovechamiento de los agregados**

Rige lo establecido en el numeral 4.5 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

#### **4.6 Fabricación de la mezcla de la capa de drenaje estabilizada con asfalto**

Rige lo establecido en el numeral 4.6 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

#### **4.7 Transporte de la mezcla de la capa de drenaje estabilizada con asfalto**

Rige lo establecido en el numeral 4.7 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

#### **4.8 Transferencia de la mezcla de la capa de drenaje estabilizada con asfalto**

Rige lo establecido en el numeral 4.8 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

#### **4.9 Extensión de la capa de drenaje estabilizada con asfalto**

Antes de extender la capa de drenaje estabilizada con asfalto, el Constructor preparará un plan de colocación con la secuencia de los carriles de pavimentación y el ancho de estos para minimizar el número de juntas frías, la ubicación de cualquier rampa temporal, la temperatura de colocación, y el tiempo estimado de terminación de cada porción del trabajo. El plan de colocación y cualquier modificación al mismo deberán ser aprobados por el Interventor.

La mezcla recibida de la máquina de transferencia será extendida por la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

Las entregas se programarán de forma que el extendido y la compactación de la capa de drenaje estabilizada con asfalto sea uniforme, con el mínimo de arranques y paradas de la pavimentadora. No se permitirá el transporte sobre materiales recién colocados hasta que estos se hayan compactado a la densidad especificada y se haya permitido que se enfríen a temperatura ambiente. El Constructor, a su costa, será responsable de reparar cualquier daño causado a la capa de drenaje por operaciones de transporte.

El material deberá extenderse en capas que no excedan los 150 milímetros de espesor compacto.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o a las instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

El Interventor podrá, en cualquier momento, rechazar cualquier lote de material para capa de drenaje estabilizada con asfalto, en el camión o colocado en una capa, que no sea apto debido a contaminación, segregación, recubrimiento incompleto del agregado o sobrecalentamiento. Dicho rechazo podrá basarse en una inspección visual o en la medida de la temperatura.

#### **4.10 Compactación de la capa de drenaje estabilizada con asfalto**

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá disponerse de suficientes compactadores para procesar la producción de la planta.

La velocidad de los compactadores será, en todo momento, suficientemente lenta para evitar el desplazamiento de la mezcla caliente y lograr una compactación efectiva.

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las secciones de pendiente transversal uniforme en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total se haya compactado. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Se tendrá cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual mínimo necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

La compactación se continuará mientras la mezcla se encuentre en condiciones de compactarse hasta alcanzar los niveles de densidad prescritos en esta especificación.

En áreas inaccesibles al compactador, la mezcla será compactada con equipos portátiles aprobados por el Interventor.

Se deberá verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de compactación.

Cualquier defecto superficial o desplazamiento que ocurra como resultado de la compactación, o por cualquier otra causa, se corregirá a costa del Constructor. Cualquier volumen de material que se afloje o se rompa, se contamine, presente agrietamiento por compactación, o cualquier defecto será removido y reemplazado con nuevo material y compactado de forma inmediata para ajustarlo al área adyacente. Este trabajo se hará a costa del Constructor.

#### **4.11 Conservación y apertura al tránsito**

La conservación de la capa de drenaje estabilizada con asfalto se realizará durante su construcción y hasta que la totalidad de la capa sea cubierta por la siguiente capa de la estructura del pavimento. Será responsabilidad del Constructor mantener el drenaje en el sitio de la obra de forma tal que ningún material fino pueda infiltrarse y colmatar parte alguna del sistema de drenaje. Cualquier área del sistema de drenaje que se colmate se reconstruirá sin costo para el proyecto.

En ninguna circunstancia se permitirá tráfico sobre la capa de drenaje estabilizada con asfalto durante las primeras veinticuatro (24) horas posteriores a su terminación.

Sobre la capa de drenaje estabilizada con asfalto solo se permitirá el tráfico del equipo necesario para la construcción de la siguiente capa del pavimento.

En ninguna circunstancia los bordes de la capa de drenaje estabilizada con asfalto se dejarán desprotegidos y sometidos a la infiltración. La capa de drenaje estabilizada con asfalto deberá estar completamente cubierta en las siguientes dos (2) semanas a su terminación.

#### **4.12 Limitaciones en la ejecución**

Rige lo establecido en el numeral 4.14 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

#### **4.13 Manejo ambiental**

Rige lo establecido en el numeral 4.15 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

#### **4.14 Reparaciones**

Rige lo establecido en el numeral 4.16 del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación.

### **5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### **5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad correspondientes a esta especificación.
- Verificar el acatamiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado de la fase de experimentación, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de la capa de drenaje estabilizada con asfalto.
- Ejecutar ensayos de control del material, de densidad de la capa in situ, de extracción de asfalto y granulometría; así como controlar las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación aplicables.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones del ligante en riegos de liga e imprimaciones.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de la capa de drenaje estabilizada con asfalto durante el período de ejecución de las obras.
- Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie, siempre que ello corresponda.

El Interventor evaluará las fórmulas de trabajo presentadas por el Constructor y las aprobará cuando corresponda.

La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control se adelantará de acuerdo con las siguientes normas de ensayo INV E-201-13 para agregados pétreos, INV E-701-13 para materiales bituminosos e INV E-731-13 para mezclas asfálticas.

El Constructor rellenará con material de la misma calidad del extraído, y sin costo adicional para el proyecto, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno y compactará el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en esta especificación.

También cubrirá, sin costo para el proyecto, las áreas en las que el Interventor efectúe verificaciones de la dosificación de riegos de imprimación o liga.

## 5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados estarán a cargo del Interventor.

El laboratorio empleado para el control de calidad deberá contar con personal capacitado y equipos debidamente calibrados. Los certificados de vigencia de los equipos empleados en el control de calidad no deberán tener una vigencia superior a un año.

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se deberá redondear “a la unidad más cercana” en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación, en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823-13.

Las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

### 5.2.1 Calidad del cemento asfáltico

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico serán los establecidos en el Artículo 410 de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

### 5.2.2 Calidad de los agregados pétreos

#### 5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 1. Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en numeral 2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

#### 5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores. Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 4 para los agregados.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

**Tabla 4. Ensayos de Verificación sobre los Agregados para Capa de Drenaje Estabilizada con Asfalto**

Característica	Método	Frecuencia
Granulometría	INV E-213-13 INV E-214-13	Una (1) vez por jornada
Resistencia a la degradación	INV E-218-13	Una (1) vez por mes
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	INV E-220-13	Una (1) vez por mes

Característica	Método	Frecuencia
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznableles en los agregados	INV E-211-13	Una (1) vez por semana
Porcentaje de partículas fracturadas	INV E-227-13	Una (1) vez por jornada
Partículas aplanadas, partículas alargadas, o partículas aplanadas y alargadas	INV E-240-13	Una (1) vez por semana

### 5.2.3 Composición de la mezcla de la capa de drenaje estabilizada con asfalto

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se controlará el aspecto de la mezcla y se medirá su temperatura. Se rechazarán todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustibles. En este último caso y cuando la planta sea del tipo discontinuo, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

#### 5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 5.2.5.1, se determinará el contenido de asfalto residual con el método INV E- 732-13. El contenido de asfalto para el día se determinará promediando los resultados de los ensayos.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto al definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\% \quad [710.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5%), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\% \quad [710.2]$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote.

En caso de rechazo, el material correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y se reconstruirá a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto. El material fresado será de propiedad del Constructor.

#### 5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782-13. La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo sin permitir que la curva se salga de la franja. En caso contrario, se rechazará el lote.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y reconstruida a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto. El material fresado será de propiedad del Constructor.

## **5.2.4 Calidad de la mezcla**

### *5.2.4.1 Verificación de temperaturas*

Se deben verificar las temperaturas, al menos cuatro (4) veces al día, en los lugares necesarios para determinar las temperaturas del secador, el ligante asfáltico en el tanque de almacenamiento, y la capa de drenaje estabilizada con asfalto en la planta y en la obra.

## **5.2.5 Calidad del producto terminado**

### *5.2.5.1 Tamaño del lote*

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de drenaje estabilizada con asfalto:

- Mil metros cuadrados (1,000 m<sup>2</sup>) de capa de drenaje estabilizada con asfalto.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Cuando más de una planta esté produciendo material simultáneamente para la obra, los tamaños de lote se aplicarán por separado para cada planta.

### *5.2.5.2 Aspectos generales*

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y se deberá ajustar a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

Las cotas se evaluarán a diario para permitir ajustes en las operaciones de pavimentación cuando no se cumpla con esta especificación. Las cotas se evaluarán antes y después de la colocación de la capa. Las medidas se tomarán, como mínimo, en el centro y los bordes del carril de pavimentación y con el espaciamiento longitudinal que se muestra en las secciones transversales y los planos. Las secciones transversales del pavimento se tomarán con un espaciamiento longitudinal mínimo de 15 m y en todos los cambios longitudinales de pendiente. Los puntos mínimos de la sección transversal incluirán el eje,  $\pm 3$  m del eje y el borde del pavimento de las pistas y calles de rodaje.

La cota de cualquier punto de la capa de drenaje estabilizada con asfalto compactada no deberá variar en más de doce milímetros (12 mm) de la proyectada.

La topografía y la documentación deberán estar firmadas por un topógrafo profesional. El Constructor proporcionará la documentación al Interventor al final del siguiente día hábil.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deberán corregirse por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

Además, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

### *5.2.5.3 Compactación*

La determinación de la densidad de la capa compactada se realizará, como mínimo, en cinco (5) sitios por lote. Los sitios para las mediciones in situ se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730-13, pero de manera que se realice al menos una prueba por cada doscientos metros cuadrados (200 m<sup>2</sup>).

La densidad en cada sitio se determinará de acuerdo con el los métodos INV E-734-13, INV E-746-13 o INV E-802-13.

Para el control de la compactación de una capa de drenaje estabilizada con asfalto, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y la densidad máxima establecida en la franja de control descrita en el numeral 4.4.1, tal como se indica a continuación:

$$GC_i = \frac{D_i}{D_{mfc}} \times 100 \quad [710.1]$$

Donde:

$GC_i$  : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$D_i$ : Valor individual de la densidad en el terreno, determinado con el método INV E-164-13.

$D_{mfc}$ : Valor de la densidad máxima obtenida en la franja de control.

Para el control de la compactación se aplicarán los siguientes criterios:

$$GC_I(90) \geq 95\% \text{ se acepta el lote} \quad [710.2]$$

$$GC_I(90) < 95\% \text{ se rechaza el lote} \quad [710.3]$$

Donde:

$GC_I(90)$ : Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90 %, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107 “Control y aceptación de los trabajos” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, a partir de los valores individuales del grado de compactación  $GC_i$ .

Para los fines de determinar la conformidad para aceptar o rechazar el lote, el valor calculado del grado de compactación, expresado en porcentaje, se deberá redondear al primer decimal, en acuerdo con el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

#### 5.2.5.4 Planicidad

La superficie terminada de las capas de base, intermedia o rodadura no podrá presentar zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de un cuarto de pulgada ( $\frac{3}{8}$  pulgada – 9.5 mm) cuando se compruebe con una regla de diez pies (10 pies – 304.80 cm) de acuerdo con el método ASTM E1703.

#### 5.2.5.5 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a las capas de drenaje estabilizadas con asfalto por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del Contrato.

## 6 MÉTODO DE MEDIDA

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>) aproximado al décimo de metro cúbico, de capa de drenaje estabilizada con asfalto elaborada, suministrada y compactada en obra a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en esta especificación.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor especificados en los planos u ordenados por el Interventor. No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

## 7 BASE DE PAGO

### 7.1 Aspectos generales

En los casos en que el trabajo incluya el empleo de agregados pétreos vírgenes, el precio unitario deberá cubrir todos los costos de su adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; la obtención de licencias ambientales, las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos, desperdicios, cargues, transportes, descargues, clasificación, colocación, mezcla, extensión y compactación de los materiales utilizados, en los casos en que ello corresponda.

También, deberá incluir los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “*Aspectos Ambientales*” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia y en la normativa ambiental vigente; así como los costos de la definición de la fórmula de trabajo cuando se requiera; los de la fase de experimentación; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

En relación con los explosivos, el Constructor deberá considerar dentro del respectivo precio unitario todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio e instante de utilización.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir el barrido y soplado de la superficie existente; la preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no haga parte del mismo Contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

### 7.2 Ejecución de capas de drenaje estabilizadas con asfalto

El pago se hará al respectivo precio unitario del Contrato, por metro cúbico (m<sup>3</sup>), para toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de la elaboración, colocación, nivelación y compactación de las mezclas elaboradas. El precio unitario también deberá incluir todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva, así como los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

El pago se hará bajo el ítem:

Ítem D-710.7-1. Capa de drenaje estabilizada con asfalto por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

**\*\* Fin del Ítem D-710 Capa de Drenaje Estabilizada con Asfalto \*\***

# Ítem P-152 Excavación, Subrasante y Terraplenes

## 1 DESCRIPCIÓN

### 1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en el conjunto de las actividades de excavar, remover, cargar, transportar hasta el límite de acarreo libre y colocar en los sitios de disposición o desecho, los materiales provenientes de los cortes requeridos para construir las áreas de seguridad, las pistas, las calles de rodaje, las plataformas y las áreas intermedias así como otras áreas para drenaje, construcción de edificaciones, estacionamientos y otros propósitos de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con las dimensiones y secciones típicas contenidas en los planos y demás documentos del proyecto, con las modificaciones que ordene el Interventor.

Comprende, además, la excavación y remoción de la capa vegetal o descapote y de otros materiales blandos, orgánicos y objetables, en las áreas donde se hayan de realizar las excavaciones de la explanación y terraplenes.

Este trabajo también consiste en la escarificación, nivelación y compactación del terreno o del afirmado en donde se haya de colocar un terraplén nuevo, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza; eventual descapote y retiro de material inadecuado; demolición; drenaje y subdrenaje; y la colocación, el humedecimiento o secamiento, la conformación y compactación de materiales apropiados de acuerdo con la presente especificación, los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Interventor.

### 1.2 Definiciones

#### 1.2.1 Excavación de la explanación

El trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas donde han de fundarse las pistas, calles de rodaje y plataformas, incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación de la subrasante en corte.

Incluye, además, las excavaciones necesarias para el ensanche o modificación del alineamiento horizontal o vertical de calzadas existentes dentro del proyecto.

#### 1.2.2 Excavación de canales

El trabajo comprende todas las excavaciones cuyo objetivo primordial sea el drenaje, e incluye zanjas interceptoras, zanjas de captación y de entrega, y acequias; construcción temporal de diques; o cualquier otro tipo de obra indicado en los planos y demás documentos del proyecto. También incluye el mejoramiento de obras similares existentes y de cauces naturales.

#### 1.2.3 Excavación en zonas de préstamo

El trabajo comprende el conjunto de las actividades para explotar los materiales adicionales a los volúmenes provenientes de la excavación de la explanación, requeridos para la construcción de los terraplenes o pedraplenes. El material de préstamo será obtenido en áreas designadas por el Interventor dentro de los límites de propiedad del aeropuerto, pero por fuera de los límites de nivelación necesarios, o de áreas por fuera de los límites del aeropuerto.

### **1.2.4 Excavación en turba y fango**

La excavación en turba y fango consistirá en la remoción y disposición de depósitos o mezclas de suelos y materia orgánica que no son apropiados como material de fundación. La turba y el fango incluyen materiales que se pudrirán o producirán subsidencia en los terraplenes. Pueden consistir en tocones, ramas, troncos o humus en descomposición, u otro material que no es satisfactorio para ser parte de un terraplén.

### **1.2.5 Partes del terraplén**

En los terraplenes se distinguirán tres partes:

- a) Corona (capa subrasante): Parte superior del terraplén en la cual se apoya la estructura de pavimento; tendrá un espesor de 300 mm, salvo que los documentos del proyecto indiquen un espesor diferente.
- b) Núcleo: Parte del terraplén comprendida entre el cimientado y la corona.
- c) Cimientado: La parte inferior del terraplén, que está por debajo de la superficie original del terreno, la que ha sido variada por el retiro de material inadecuado.

El núcleo y el cimientado constituyen el cuerpo del terraplén.

## **1.3 Clasificación**

Todos los materiales excavados se clasificarán como se define a continuación:

### **1.3.1 Excavación sin clasificar**

La excavación sin clasificar consiste en los trabajos de excavación y disposición de todos los materiales, sin importar su naturaleza, la cual no está clasificada ni pagada bajo alguno de los siguientes ítems.

### **1.3.2 Excavación clasificada**

#### *1.3.2.1 Excavación en roca*

Comprende la excavación de masas de rocas fuertemente litificadas en afloramientos, lechos rocosos, macizos no estratificados y depósitos de conglomerados que, debido a su buena cementación o alta consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos o equipos desgarradores.

También comprende la excavación de bloques con volumen individual mayor que 0.40 m<sup>3</sup>, procedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

Se aceptará como criterio para determinar el horizonte de roca cuando la dureza y el fracturamiento no permitan efectuar faenas de remoción con equipos mecánicos. Esta dificultad se determinará directamente cuando una máquina del tipo bulldozer, con una potencia mínima de 410 HP y peso mínimo de 48.500 kg, o una retroexcavadora, con una potencia mínima de 217 HP y peso mínimo de 30.200 kg, empleadas a su máxima potencia sean incapaces de remover el material. La utilización de uno u otro equipo dependerá del espacio disponible para operar y de la forma de la superficie de la roca, prefiriéndose siempre el bulldozer. La operación será efectuada por los dientes de la retroexcavadora o la desgarradora (“ripper”) del bulldozer en presencia del Interventor. Una vez comprobado por las partes lo expuesto, se procederá a dejar constancia de la situación en el Libro de Obra.

### 1.3.2.2 *Excavación en material común*

Comprende la excavación de materiales no cubiertos por el numeral anterior, 1.3.2.1.

### 1.3.2.3 *Método alternativo para determinar el tipo de material excavado*

Como alternativa de clasificación se podrá recurrir a mediciones de velocidad de propagación del sonido, practicadas sobre el material en las condiciones naturales en que se encuentre, y se considerará material común aquel en que dicha velocidad sea menor a dos mil metros por segundo (2.000 m/s) y roca, cuando sea igual o superior a este valor.

## **1.4 Excavación inadecuada**

El material inadecuado deberá disponerse en las áreas de disposición definidas en los planos y demás documentos del proyecto. Los materiales que contengan materia vegetal u orgánica, tales como estiércol, turba, limo orgánico o césped se considerarán inadecuados para la construcción de terraplenes. Los materiales adecuados como manto vegetal podrán emplearse en el recubrimiento de los taludes de los terraplenes con la aprobación del Interventor.

## **2 MATERIALES**

### **2.1 Utilización de materiales provenientes de la excavación**

Todos los materiales provenientes de las excavaciones que sean utilizables y, según los planos y especificaciones o a juicio del Interventor, necesarios para la construcción o protección de terraplenes, pedraplenes u otras partes de las obras proyectadas, se deberán utilizar en ellos. El Constructor no podrá disponer de los materiales provenientes de las excavaciones ni retirarlos para fines distintos a los del Contrato, sin autorización previa del Interventor.

Los materiales provenientes de la excavación que presenten características adecuadas para uso en la construcción de la obra se reservarán para colocarlos posteriormente. Su disposición provisional se hará en los sitios aprobados previamente para tal fin por el Interventor.

Los materiales provenientes del descapote se deberán almacenar para su uso posterior en sitios accesibles y de manera aceptable para el Interventor; estos materiales se deberán usar preferentemente para el recubrimiento de los taludes de los terraplenes terminados.

### **2.2 Materiales de zonas de préstamo**

Los materiales adicionales que se requieran para las obras se extraerán de las zonas de préstamo aprobadas por el Interventor y deberán cumplir con las características establecidas en esta especificación.

### **2.3 Requisitos de los materiales para terraplenes**

Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; estarán libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales; no tendrán características expansivas ni colapsables. Su empleo deberá ser autorizado por el Interventor.

Deberán cumplir con los requisitos establecidos en los documentos técnicos del proyecto. Si los documentos del

proyecto no establecen estos requisitos, se utilizarán los indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Requisitos de los materiales para los terraplenes**

Característica	Método de ensayo	Suelos seleccionados	Suelos adecuados	Suelos tolerables
Partes del terraplén a las que se aplican		Todas	Todas	Cimiento y núcleo
Tamaño máximo, mm	INV E-123-13	78	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz No. 10 (2 mm) en masa, máximo	INV E-123-13	80	80	-
Porcentaje que pasa el tamiz No. 200 (75 µm) en masa, máximo	INV E-123-13	25	35	35
Contenido de materia orgánica (%), máximo	INV E-121-13	0.0	1.0	1.0
Límite líquido (%), máximo	INV E125-13	30	40	40
Índice de plasticidad (%), máximo	INV E-126-13	10	15	-
CBR de laboratorio (%), mínimo <sup>(1)</sup>	INV E-148-13	10	5	3
Expansión en prueba CBR (%), máximo	INV E-148-13	0.0	2.0	2.0
Índice de colapso (%), máximo <sup>(2)</sup>	INV E-157-13	2.0	2.0	2.0
Contenido de sales solubles (%), máximo	INV E-158-13	0.2	0.2	-

- (1) Los valores de CBR indicados en la tabla están asociados con el grado de compactación mínimo especificado en el numeral 4.2.2.2.2; el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.
- (2) La muestra para el índice de colapso se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 4.2.2.2.2 y con la humedad correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.

Los documentos del proyecto o las especificaciones particulares indicarán el tipo de suelo por utilizar en cada capa de terraplén. En todo caso, los “suelos tolerables” no podrán emplearse en el núcleo del terraplén, cuando éste pueda estar sujeto a inundación. Además, cuando en el núcleo se hayan empleado “suelos tolerables”, la corona solamente se podrá construir con “suelos seleccionados”.

### 3 MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN

#### 3.1 Generalidades

Antes de comenzar de comenzar las operaciones de excavación, nivelación y construcción de terraplenes en cualquier área, esta deberá limpiarse y/o desmontarse de acuerdo con el ítem P-151.

La idoneidad del material a ser colocado en los terraplenes estará sujeta a la aprobación del Interventor. Todo el material inadecuado se colocará en las zonas de disposición de material de excavación indicadas en los planos y los documentos del proyecto. Todas las zonas de disposición de material de excavación se perfilarán para permitir el drenaje positivo de esta y las áreas adyacentes. Las cotas de elevación de las zonas de disposición de material de excavación estarán especificadas en los planos o serán aprobadas por el Interventor.

Las áreas por fuera de los límites del pavimento donde la capa vegetal del suelo se ha compactado por el transporte u otras actividades del Constructor se escarificarán y labrarán a una profundidad de 100 mm para aflojar y pulverizar el suelo. No se permitirán fragmentos de roca de más de 100 mm en su mayor dimensión en los 150 mm superiores de la subrasante.

Si es necesario interrumpir el drenaje superficial, las alcantarillas o subdrenajes, los conductos, los servicios públicos o las estructuras subterráneas similares existentes, el Constructor será responsable y tomará todas las precauciones necesarias para preservarlos o proporcionar conexiones temporales. Cuando se encuentren tales instalaciones, el Constructor deberá notificar al Interventor, quien deberá hacer los arreglos para su eliminación, si es necesaria. El Constructor, a su cargo, deberá reparar o pagar satisfactoriamente el costo de todos los daños a dichas instalaciones o estructuras que puedan resultar de cualquiera de sus operaciones durante el período del contrato.

Los trabajos de construcción de terraplenes se deberán efectuar según procedimientos puestos a consideración del Interventor y aprobados por éste. Su avance físico se deberá ajustar al programa de trabajo.

Si los trabajos de construcción o ampliación de terraplenes afectaren el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el Constructor será responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.

Cuando se haya programado la construcción de las obras de arte previamente a la elevación del cuerpo del terraplén, no se deberá iniciar la construcción de éste antes de que las alcantarillas y muros de contención se terminen en un tramo no menor de quinientos metros (500 m) adelante del frente del trabajo, en cuyo caso se deberán concluir también, en forma previa, los rellenos de protección que tales obras necesiten.

### **3.1.1 Equipo**

El Constructor propondrá, para consideración del Interventor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar, los cuales no deberán producir daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

El Constructor podrá utilizar cualquier tipo de equipo apropiado para la realización de las excavaciones incluyendo tractores con topadora y desgarradora, motoniveladora, trailla y palas de empuje o arrastre, cargador y vehículos de transporte.

El equipo empleado para la construcción de terraplenes deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

### **3.1.2 Voladuras**

Las voladuras se permitirán bajo la dirección del Interventor y de acuerdo con los siguientes requerimientos:

Las voladuras se permitirán solo cuando se tomen las precauciones adecuadas para la seguridad de todas las personas, obras y propiedades. Todo daño hecho a obras o propiedades será reparado por el Constructor. El costo de reparación no hace parte de este Ítem. Todas las operaciones del Constructor relacionadas con el transporte, el almacenamiento y el uso de explosivos deberán cumplir con todas las disposiciones legales vigentes, con las instrucciones de los fabricantes de los explosivos, y con los permisos aprobados y revisados por el Interventor. La aprobación del Interventor no exime al Constructor de su responsabilidad en las operaciones de voladura.

Cuando se aprueben las voladuras, el Constructor deberá emplear un Consultor Especialista en Ingeniería Sísmica, aprobado por el Interventor, para recomendar el peso de las cargas explosivas por retardo y analizar los registros sismográficos. El sismógrafo debe ser capaz de producir un registro permanente de los tres componentes del movimiento en términos de velocidad de partículas, y además debe ser capaz de realizar una calibración dinámica interna.

En cada área definida de voladura donde los factores pertinentes que afectan las vibraciones de la explosión y sus efectos son constantes, el Constructor deberá presentar un plan de voladura al Interventor para su aprobación. Este plan debe definir el tamaño de los pozos, la profundidad, el espaciamiento, la carga, el tipo de explosivos, el tipo de secuencia de retardo, la cantidad máxima de explosivos para cualquier período de retardo, las profundidades de la roca y de la sobrecarga. El peso máximo de carga explosiva por retardo incluido en el plan no se incrementará sin la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá mantener un registro de cada voladura: su fecha, hora y ubicación; la cantidad de explosivos utilizados, el peso máximo de la carga de explosivos por período de retardo y, cuando sea necesario, los registros del sismógrafo identificados por número de instrumento y su ubicación.

La voladura y el almacenamiento de explosivos deben cumplir todas las regulaciones de seguridad vigentes.

Estos registros se pondrán a disposición del Interventor mensualmente, o en forma tabulada en otros momentos, según sea requerido.

## **3.2 Excavación de la explanación**

### **3.2.1 Generalidades**

La excavación de la explanación se deberá ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto o las modificadas por el Interventor. No se iniciará ninguna excavación hasta que el Constructor haga el replanteo de la obra y el Interventor reciba del Constructor los registros de topografía con las cotas y mediciones de la superficie del terreno. El Constructor y el Interventor deberán acordar que el trazado original del terreno, contenido en los planos de topografía, es preciso, o, en caso contrario, acordarán cualquier ajuste sobre la topografía del terreno original.

Si se emplea un modelo digital del terreno (MDT), los archivos de las superficies existentes, las superficies a construir y otras superficies diferentes serán la base para desarrollar los planos de diseño. Los volúmenes se calculan comparando los archivos del MDT de las superficies de diseño aplicables discretizadas mediante triángulos. El Constructor debe recibir una copia electrónica de los archivos del MDT y una copia impresa del mapa topográfico original.

Es posible que algunos puntos sobre los perfiles existentes de las secciones transversales o los MDT no coincidan con las cotas reales en los sitios indicados en los planos topográficos debido a que se obtuvieron mediante interpolación. Antes de proponer cualquier ajuste de los niveles, el Constructor deberá verificar la precisión de la superficie del suelo existente comprobando las cotas de los puntos en los mismos lugares donde se obtuvieron los datos originales del estudio de campo como se indica en el mapa topográfico. El Constructor deberá reconocer que, debido al proceso de interpolación, la superficie real del terreno en cualquier ubicación particular puede diferir de la superficie interpolada que se muestra en las secciones transversales de diseño o la obtenida del MDT. Sin embargo, la verificación de la superficie original del terreno por el Constructor se limitará a la comprobación de las cotas de puntos como se indica en este documento, y no se realizarán ajustes en la superficie original del terreno a menos que el Constructor demuestre que las cotas de los puntos mostrados en los planos son incorrectas. Para este propósito, se considerarán “sin cambio” las cotas en el rango  $\pm 30$  mm de las reportadas para superficies de terreno, y las cotas en el rango  $\pm 12$  mm de las reportadas para superficies duras como pavimentos, edificios, cimientos, estructuras, etc. Solo las desviaciones que excedan las tolerancias indicadas se considerarán para el ajuste de la superficie del terreno original. Si la verificación del Constructor identifica discrepancias en el mapa topográfico, el Constructor deberá notificar al Interventor por escrito, al menos dos semanas antes del cambio de los niveles existentes, para permitir la comprobación de la información presentada y realizar ajustes en las secciones transversales de diseño o en el MDT. El cambio de los niveles existentes en cualquier área constituirá

la aceptación por el Constructor de la precisión de las cotas originales que se muestran en el mapa topográfico de esa área.

Los procedimientos constructivos que implemente el Constructor deben contemplar las medidas necesarias para preservar las condiciones de drenaje y la resistencia y la estabilidad del terreno no excavado. Los taludes provisionales deben ser definidos en esos procedimientos por un ingeniero geotecnista.

El Constructor deberá adoptar las medidas necesarias para evitar fenómenos como inestabilidad de taludes en roca o de bloques de roca, debida a voladuras inadecuadas o deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación.

Las obras de excavación deberán avanzar en forma coordinada con las obras de contención y drenaje del proyecto, tales como muros, alcantarillas, desagües y descoles de cunetas y construcción de filtros. Además, se debe garantizar el correcto funcionamiento del drenaje y controlar fenómenos de erosión e inestabilidad.

La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del proyecto o indicadas por el Interventor.

Cualquier daño no previsto a una estructura o construcción existente causado por la ejecución de los trabajos de excavación deberá ser asumido por el Constructor, quién deberá reponer el bien a entera satisfacción de su propietario sin costo para el proyecto.

En la construcción de terraplenes sobre terreno inclinado o a media ladera, el talud de la superficie existente se deberá cortar en forma escalonada de acuerdo con los planos o las instrucciones del Interventor.

Las cunetas y bermas se deberán construir de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas especificadas en los planos o modificadas por el Interventor. Todo daño posterior a la ejecución de estas obras, causado por negligencia del Constructor, deberá ser subsanado por éste, sin ninguna erogación para el proyecto.

Todas las áreas por excavar se despojarán de vegetación y suelo orgánico. El suelo orgánico se almacenará para uso futuro en áreas designadas en los planos o por el Interventor. Todo el material excavado adecuado se utilizará en la construcción de terraplenes, subrasantes u otros fines, tal como se muestra en los planos. Todo el material inadecuado se dispondrá como se indica en los planos.

Las pendientes se mantendrán de manera que las superficies estén bien drenadas en todo momento.

Cuando el volumen de la excavación excede el requerido para construir los terraplenes hasta las cotas indicadas en los planos, el exceso se utilizará para nivelar las áreas de desarrollo final o se eliminará según lo indique el Interventor. Cuando el volumen de excavación no es suficiente para construir los terraplenes hasta las cotas indicadas, la deficiencia se obtendrá de las zonas de préstamo.

### **3.2.2 Actividades previas**

Antes de iniciar las excavaciones se deben haber completado y aprobado los trabajos de localización, desmonte, limpieza y demoliciones, así como los de remoción de especies vegetales, cercas de alambre y demás obstáculos que afecten la ejecución de las obras del proyecto.

### **3.2.3 Clasificación selectiva**

La clasificación selectiva significa que el material más adecuado, identificado por el Interventor, se empleará para

construir terraplenes o capas de conformación sobre la subrasante del pavimento si así lo indican los planos. Si, al momento de la excavación, no es posible colocar este material en su ubicación final, deberá almacenarse en áreas aprobadas hasta que pueda emplearse. El material más adecuado se colocará y se compactará como se especifica en los planos y documentos del proyecto. La calificación selectiva se considerará parte del ítem involucrado. El costo de almacenar y colocar el material se incluirá en los diversos ítems de pago involucrados.

### **3.2.4 Excavación de materiales inadecuados**

El esquistos, las capas de arcilla cementada, las rocas sueltas, los cantos rodados u otros materiales inadecuados para las áreas de seguridad, las subrasantes, las vías, las bermas o cualquier área destinada a cobertura vegetal se excavarán a una profundidad mínima de 300 mm debajo del nivel de la subrasante o hasta la profundidad especificada por el Interventor. El lodo, la turba, las raíces enmarañadas u otro material deformable, insatisfactorio como fundación de la subrasante, se eliminarán a la profundidad especificada. Los materiales inadecuados se deberán disponer en los lugares que se muestran en los planos. Este material excavado se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. El área excavada se rellenará con material adecuado obtenido de las operaciones de clasificación o de zonas de préstamo y se compactará con las densidades especificadas. El relleno necesario constituirá una parte del terraplén. Donde se hagan cortes de roca se debe rellenar con material seleccionado. Cualquier vacío creado en la superficie de la roca se drenará de acuerdo con los detalles que se muestran en los planos. La excavación de materiales inadecuados se pagará como *“excavación sin clasificar”*.

### **3.2.5 Sobreexcavación**

La sobreexcavación, incluyendo los deslizamientos, es la parte de cualquier material reblandecido, desplazado o suelto por fuera de los alineamientos o cotas finales indicadas en los planos o autorizadas por el Interventor. El Constructor nivelará o eliminará toda sobre excavación y dispondrá de ésta según lo indique el Interventor. El Interventor determinará si el desplazamiento de dicho material fue inevitable y su decisión será definitiva.

No se realizará el pago por la eliminación y disposición de sobreexcavación que el Interventor determine como evitable y el Constructor estará obligado a ejecutar a su propia costa los rellenos necesarios por esta causa, de acuerdo con las especificaciones y la aprobación de la Interventoría. La sobreexcavación que el Interventor determine como inevitable se clasificará como *“excavación sin clasificar”*.

Toda sobreexcavación que haga el Constructor, por negligencia o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, correrá por su cuenta y el Interventor podrá suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas. En estos casos, el Constructor deberá rellenar por su cuenta estas sobreexcavaciones con los materiales y procedimientos adecuados y aprobados por el Interventor de manera que se restauren las condiciones iniciales del sitio.

### **3.2.6 Eliminación de líneas de servicios públicos**

La eliminación de las estructuras y líneas de servicios públicos existentes requeridas para permitir el progreso ordenado de la obra será realizada por el Constructor como se indica en los planos. Todos los cimientos existentes se deben excavar al menos 600 milímetros por debajo de la parte superior de la subrasante o según lo indicado en los planos, y el material debe disponerse según lo indique el Interventor. Todos los cimientos excavados de esta manera se rellenarán con material adecuado y se compactarán según lo especificado para terraplén o como se muestra en los planos.

### **3.2.7 Drenaje de las excavaciones**

El Constructor deberá tomar todas las medidas indispensables para mantener drenadas las excavaciones y demás áreas de trabajo. Se instalarán drenes o zanjas temporales, para interceptar el agua que pudiera afectar la ejecución

del trabajo y se utilizarán los equipos necesarios para realizar un control efectivo de la misma.

Será responsabilidad del Constructor todo deterioro que se ocasione en los materiales de la excavación debido a deficiencias en el sistema de drenaje implementado. En este caso, correrán por su cuenta las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en los mismos, sin costo adicional para el proyecto.

Antes de iniciar los trabajos de excavación, el Constructor deberá presentar para aprobación por parte del Interventor el plan de drenaje temporal que piensa implementar para evitar que el agua se apoce y deteriore los materiales expuestos, en especial la subrasante del proyecto.

En todo momento, la superficie de la excavación debe tener pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial hacia los elementos de drenaje temporal o definitivo. No debe haber depresiones ni hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales, ni encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras o taludes provisionales excesivos.

Cuando el diseño de los taludes contemple la construcción de bermas o terrazas intermedias, éstas se deberán conformar con pendiente hacia el interior del talud a una cuneta que debe recoger y encauzar las aguas superficiales.

### **3.2.8 Excavaciones en roca**

Los procedimientos, tipos y cantidades de explosivos y equipos que el Constructor proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el Interventor; así como la secuencia y disposición de las voladuras, las cuales se deberán proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados. El Constructor garantizará la dirección y la ejecución de las excavaciones en roca, utilizando personal que tenga amplia experiencia en trabajos similares.

La aprobación dada por el Interventor no exime al Constructor de su responsabilidad por los errores y daños que causen las voladuras. Toda excavación en roca se deberá profundizar quince centímetros (15 cm) por debajo de las cotas de subrasante. Las áreas sobreexcavadas se deben rellenar y conformar con material seleccionado proveniente de las excavaciones, con material de relleno seleccionado o con material de subbase granular, según lo indiquen los documentos del proyecto o lo apruebe el Interventor.

Cualquier roca situada en los límites de la excavación, o fuera de ellos, que hubiese sido golpeada, aflojada, o de alguna manera dañada por las voladuras u otras causas, deberá removerse hasta asegurarse que no queden trozos inestables. No deberán quedar depresiones que dejen zonas colgadas, aunque se presenten firmes a simple vista.

La superficie final de la excavación en roca deberá encontrarse libre de cavidades que permitan la retención de agua y tendrá, además, pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial.

### **3.2.9 Transiciones de corte a terraplén y viceversa**

En estos sitios, la excavación se deberá ampliar hasta que el terraplén penetre en ella en toda su sección. En la transición de corte a terraplén y viceversa se deberán construir escalones, con el ancho adecuado para el correcto trabajo de los equipos de construcción, de tal forma que se eliminen totalmente eventuales planos de contacto inclinados que constituyan riesgo de inestabilidad en el terraplén. Tales escalones se deberán construir de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

### **3.2.10 Ensanche o modificación del alineamiento de calzadas existentes**

En los proyectos de mejoramiento de vías en donde el afirmado existente se ha de conservar, los procedimientos

que utilice el Constructor deberán permitir la ejecución de los trabajos de ensanche o modificación del alineamiento, evitando la contaminación del afirmado con materiales arcillosos, orgánicos o vegetales. Los materiales excavados deberán ser cargados y transportados hasta los sitios de utilización o disposición aprobados por el Interventor.

Así mismo, el Constructor deberá garantizar el tránsito y conservar la superficie de rodadura existente.

Si el proyecto exige el ensanche del afirmado existente, las fajas laterales se excavarán hasta el nivel de subrasante, dándole a ésta, posteriormente, el tratamiento indicado en el numeral 3.7.

En las zonas de ensanche de terraplenes, el talud existente se deberá cortar en forma escalonada de acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor.

### **3.2.11 Taludes**

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final.

Cuando sea preciso adoptar medidas especiales para la protección superficial del talud, tales como plantaciones superficiales, revestimientos, etc., bien porque estén previstas en el proyecto o porque sean ordenadas por el Interventor, estos trabajos se deberán realizar inmediatamente después de la excavación del talud.

Todos los taludes de corte y lleno deberán terminarse uniformemente de acuerdo con las pendientes, secciones transversales y alineamientos ilustrados en los planos o como lo indique el Interventor.

En el caso de que los taludes presenten deterioro antes del recibo definitivo de las obras, el Constructor eliminará los materiales desprendidos o movidos y realizará urgentemente las correcciones complementarias ordenadas por el Interventor. Si dicho deterioro es imputable a una mala ejecución de las excavaciones, el Constructor será responsable por los daños ocasionados y, por lo tanto, las correcciones se efectuarán a su costa.

### **3.3 Excavación de canales**

La construcción de los canales, zanjas de drenaje, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares y cauces naturales se deberá efectuar de acuerdo con los alineamientos, secciones y cotas indicados en los planos o determinados por el Interventor. En general, en esta clase de obras la pendiente longitudinal no deberá ser menor de 0.25%, salvo que el Interventor dé una autorización en contrario por escrito. Las excavaciones serán iniciadas por el extremo aguas abajo de la obra.

El trabajo se realizará en secuencia con otras construcciones. Las zanjas se construirán antes que las operaciones de excavación adyacentes. Todo el material adecuado se puede emplear en la construcción de terraplenes; el material inadecuado se colocará en las zonas de disposición de materiales de excavación según lo indique el Interventor. Todos los trabajos se realizarán de acuerdo con los alineamientos, perfiles y secciones transversales definidas en los diseños. El Constructor mantendrá la sección transversal requerida de las zanjas libres de escombros u obstrucciones durante la duración del proyecto y hasta su recibo a satisfacción por el Interventor.

Toda desviación de las cotas y secciones especificadas, especialmente si causa estancamiento del agua o erosión, deberá ser subsanada por el Constructor, a entera satisfacción del Interventor, y sin costo adicional para el proyecto.

### **3.4 Disposición de materiales sobrantes provenientes de la excavación**

Los materiales sobrantes de la excavación deberán ser colocados de acuerdo con las instrucciones del Interventor y en zonas aprobadas por éste; se usarán de preferencia para el tendido de los taludes de terraplenes o para emparejar las zonas laterales de la vía. Se dispondrán en tal forma que no ocasionen ningún perjuicio al drenaje del proyecto o a los terrenos que ocupen, a la visibilidad en la vía ni a la estabilidad de los taludes o del terreno al lado y debajo del proyecto. Todos los materiales sobrantes se deberán extender y emparejar de tal modo que permitan el drenaje de las aguas alejándolas de la vía, sin estancamiento y sin causar erosión, y se deberán conformar para presentar una buena apariencia.

Cuando los materiales sobrantes no se puedan emplear en las obras del proyecto, se deberán transportar y disponer en vertederos conforme a lo indicado en los planos del proyecto, las especificaciones particulares o las instrucciones del Interventor y se deberá atender especialmente lo indicado en el Artículo 106, “*Aspectos Ambientales*”, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras de Instituto Nacional de Vías de Colombia.

### **3.5 Excavación de zonas de préstamo**

Los materiales adicionales que se requieran para los terraplenes o rellenos del proyecto se obtendrán mediante el ensanche de las excavaciones del proyecto, si ello es posible y está autorizado, o de zonas de préstamo, previamente aprobadas por el Interventor. En la excavación de zonas de préstamos se seguirá todo lo pertinente a los procedimientos de ejecución de las excavaciones de la explanación y canales.

La excavación de zonas de préstamo se realizará solo en los lugares designados y dentro de los límites horizontales y verticales replanteados o como lo indique el Interventor. Todo el material inadecuado deberá ser dispuesto por el Constructor como se muestra en los planos. Si dentro de los límites de propiedad del aeropuerto no hay zonas de préstamo, el Constructor deberá ubicar y obtener fuentes de préstamo sujetas a la aprobación del Interventor. El Constructor deberá notificar al Interventor al menos 15 días antes de comenzar la excavación para que este pueda realizar las mediciones y pruebas necesarias. Todas las zonas de préstamo se excavarán para exponer los diversos estratos de material y permitir la obtención de un producto uniforme. Las zonas de préstamo se deben drenar y dejar en una condición ordenada y presentable con todos los taludes uniformemente revestidos. Las zonas de préstamo no deberán ser atractivos para la vida silvestre peligrosa para la operación aérea.

### **3.6 Hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico**

En caso de algún descubrimiento de ruinas prehistóricas, sitios de asentamientos indígenas o de época colonial, reliquias, fósiles, meteoritos u otros objetos de interés arqueológico, paleontológico o minerales de interés comercial o científico durante la ejecución de las obras, el Constructor tomará de inmediato medidas para suspender transitoriamente los trabajos en el sitio del descubrimiento y notificará al Interventor, quien dará aviso a la Entidad Contratante y a la autoridad oficial que tenga a cargo la responsabilidad de investigar y evaluar dichos hallazgos. El Constructor, a pedido del Interventor, colaborará en su protección.

Bajo la dirección del Interventor, el Constructor excavará el sitio de forma que se preserven los artefactos encontrados y se facilite su recuperación. Tal excavación se pagará como trabajo adicional.

Cuando la investigación y evaluación de los hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico retrase el avance de la obra, el Interventor deberá efectuar en conjunto con el Constructor, los ajustes pertinentes en el programa de trabajo.

## **3.7 Manejo de la subrasante**

### **3.7.1 Terminado y protección de la subrasante**

El terminado y la protección de la subrasante hacen parte de este ítem. La nivelación y compactación de la subrasante deberá realizarse de forma que ésta drene el agua con facilidad. Todas las áreas deprimidas o huecos en la subrasante deberán nivelarse. Se deberá escarificar, compactar, o aplicar otros métodos para proveer una subrasante totalmente compactada con los niveles y pendientes indicadas en los planos. Todas las huellas o sitios rugosos que se desarrollen en la subrasante terminada deberán nivelarse, compactarse y evaluarse. El Constructor protegerá la subrasante de cualquier daño y limitará el transporte sobre la misma solo al tráfico esencial para los propósitos de construcción. El Constructor deberá mantener la capa terminada en condición satisfactoria durante la construcción de las capas subsiguientes. Ninguna capa de subbase, base o superficie será construida sobre la subrasante hasta que ésta haya sido aceptada por el Interventor.

Será responsabilidad del Constructor todo deterioro que se ocasione en la subrasante debido a la falta de implementación de los sistemas adecuados de protección. En este caso, correrán por su cuenta y a su costa las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en la misma.

En especial, deberá llevar a cabo las labores de construcción teniendo en cuenta los siguientes factores, adicionales al tema del drenaje mencionado en el numeral 3.2.7.

#### *3.7.1.1 Circulación sobre la subrasante*

El Constructor deberá organizar todos sus trabajos, en especial las labores de excavación, cargue del material excavado y descargue del material por colocar sobre la subrasante, de manera que los equipos no circulen directamente sobre la subrasante y la deterioren. Se exceptúan los casos en que la subrasante esté constituida por materiales que soporten el tráfico de construcción sin deteriorarse; se podrá tomar como guía para calificar el impacto adverso del tráfico temporal sobre la subrasante la presencia de “acolchonamientos” mayores que 20 mm (deformaciones ante el paso de los vehículos que se pueden observar a simple vista y que se recuperan en todo o en parte cuando el vehículo se aleja), o la ocurrencia de ahuellamientos mayores que 25 mm (deformaciones permanentes en forma de surcos longitudinales que no se recuperan al alejarse los vehículos).

#### *3.7.1.2 Pérdida de humedad de la subrasante*

Con el fin de evitar el fisuramiento o la activación de procesos de cambios volumétricos en las subrasantes arcillosas, no se debe permitir que éstas pierdan su humedad natural, salvo en casos específicos en que dicha pérdida de humedad se requiera para la adecuada compactación de la subrasante; por lo tanto, el Constructor deberá tomar las medidas necesarias para prevenir esta pérdida de humedad.

### **3.7.2 Compactación de la subrasante**

#### *3.7.2.1 Necesidad de compactar la subrasante*

En general, siempre se requiere compactar la subrasante en corte, bien sea que ésta vaya a servir de apoyo a un terraplén o relleno, o a la estructura misma del pavimento. Sin embargo, en algunas ocasiones los documentos del proyecto pueden indicar expresamente que la subrasante no requiere compactación. En otras ocasiones, los documentos del proyecto pueden prohibir la compactación de la subrasante.

Cuando la subrasante natural sirve directamente como apoyo de la estructura del pavimento, ésta requiere de su compactación en un espesor no menor de 300 mm. Por lo tanto, si los documentos técnicos del proyecto indican que la subrasante natural no requiere compactación o especifican que se prohíbe compactarla, el diseño debe tener

previsto al menos una capa de mejoramiento compactada con espesor mínimo de 200 mm (material de aporte sin estabilizar o estabilizado, o estabilización de la parte superior de la subrasante), para ser construida encima de la subrasante natural; si el diseño no prevé esta capa de mejoramiento sobre la subrasante sin compactar, el Interventor podrá ordenar al Constructor su construcción en el espesor que juzgue conveniente, previa excavación de un espesor igual de material de subrasante para conservar las cotas del proyecto; en este caso, tanto la excavación como la construcción de la capa de mejoramiento se pagarán según los ítems que resulten aplicables.

### 3.7.2.2 Procedimiento de compactación de la subrasante

Los documentos técnicos del proyecto indicarán la profundidad y el grado de compactación requeridos para la subrasante del proyecto de acuerdo con el estudio de suelos y las recomendaciones de compactación del diseño del pavimento aeroportuario con el programa FAARFIELD. La versión actual del programa FAARFIELD está disponible en: [www.faa.gov/airports/engineering/design\\_software/](http://www.faa.gov/airports/engineering/design_software/)

Sin perjuicio de lo anterior, la subrasante bajo áreas que serán pavimentadas se compactará en un espesor de 300 mm y a una densidad no menor que el 100% de la densidad máxima determinada por el método INV E-141-13 o INV E-142-13. La subrasante por fuera de los límites de las áreas pavimentadas se compactará en un espesor de 300 mm y a una densidad no menor que el 100% de la densidad máxima determinada por el método INV E-141-13. El método INV E-141-13 se empleará en áreas designadas para aeronaves con peso menor o igual que 27,200 kg. El método INV E-142-13 se empleará en áreas designadas para aeronaves con peso mayor que 27,200 kg.

El material por compactar estará dentro del  $\pm 2\%$  de la humedad óptima antes de compactarse para obtener la densidad prescrita, excepto en suelos expansivos. Cuando el material tenga un porcentaje de masa retenida en el tamiz de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (19.0 milímetros) mayor que 30%, se emplearán los métodos INV E-142-13 para la corrección de la densidad seca y la humedad óptima para partículas con sobretamaños.

En caso de presencia de suelos especiales, como cenizas volcánicas, suelos blandos, suelos expansivos o suelos orgánicos, se deberán atender las indicaciones particulares contenidas en los documentos técnicos del proyecto.

En caso de que al nivel de la subrasante se encuentren suelos expansivos y salvo que los documentos del proyecto o el Interventor determinen lo contrario, la excavación se llevará hasta un metro por debajo del nivel proyectado de subrasante y su fondo no se compactará. Esta profundidad sobreexcavada se rellenará y conformará con material que cumpla las características definidas en el numeral 2.3 para “*suelos seleccionados*”.

Un suelo se considerará expansivo de acuerdo con los criterios consignados en la norma de ensayo INV E-132-13. En suelos con características expansivas, la densidad máxima deberá determinarse de acuerdo con el método INV E-141-13 independientemente del peso de las aeronaves.

Si el material encontrado al nivel de subrasante posee características orgánicas, deberá removerse hasta una profundidad de un metro o hasta que la característica orgánica cese y se escogerá la menor de las dos dimensiones. La profundidad sobreexcavada se rellenará y conformará con material que cumpla las características definidas en el numeral 2.3 para “*suelos seleccionados*”.

Se considerará que el material posee características orgánicas cuando el contenido de materia orgánica, en masa, supera el dos por ciento (2%) determinado según el método INV E-121-13.

### 3.7.3 Prueba de tráfico

El objetivo de la prueba de tráfico sobre la subrasante es identificar cualquier área débil en la subrasante y no para la compactación de esta. Al terminar la compactación, y en presencia del Interventor, el área de subrasante se someterá a una prueba de tráfico con una volqueta Tipo 3 (Resolución 4100 de 2004 del Ministerio de Transporte

de Colombia), cargada con 178 kN sobre su eje tándem de rueda doble y con una presión de inflado de 0.689 MPa. Se aplicará un mínimo de una cobertura, o lo que disponga el Interventor, en las áreas que se pavimentarán. Una cobertura se define como la aplicación de la huella de una llanta sobre un área designada. Las áreas blandas de la subrasante que se desplazan más de 25 mm o presentan una deformación permanente mayor que 25 mm deberán ser removidas y reemplazadas con material adecuado o reconstruidas para satisfacer los requerimientos de humedad y compactación de acuerdo con estas especificaciones. La remoción y el remplazo de las áreas blandas hace parte de este ítem.

### **3.8 Franja de control**

La primera media jornada de construcción de la subrasante y/o el terraplén se considerará como la franja de control para que el Constructor demuestre, en presencia del Interventor, que los materiales, equipos y procesos de construcción cumplen los requerimientos de esta especificación. Se determinará la secuencia y proceso de compactación necesarios para obtener los requerimientos especificados de densidad. El máximo espesor compactado puede incrementarse hasta 300 milímetros si el Constructor demuestra que los equipos y operaciones aprobadas compactarán uniformemente la capa a la densidad especificada. El Interventor debe presenciar esta demostración y aprobar el espesor de extendido antes de la producción general.

Las franjas de control que no satisfagan los requerimientos de la especificación deberán reconstruirse, recompactarse, o removerse y sustituirse a costa del Constructor. Las operaciones generales no comenzarán hasta que la franja de control haya sido aceptada por el Interventor. El Constructor empleará los mismos equipos, materiales y métodos para el resto de la construcción, a menos que el Constructor haga ajustes que deberán ser aprobados antes de los trabajos por el Interventor.

### **3.9 Terraplenes**

#### **3.9.1 Preparación del área base de terraplén**

Toda la vegetación y la materia orgánica deberá removerse de la superficie sobre la cual se construirá el terraplén. La superficie despejada se disgregará mediante arado o escarificación a una profundidad mínima de 300 mm y se compactará de acuerdo con el numeral 3.7.2 de esta especificación. Materiales tales como arbustos, tocones, raíces, pasto y otra materia orgánica no deberá quedar enterrada bajo el terraplén.

Se debe excavar y retirar la capa vegetal y todo material inadecuado de acuerdo con lo establecido en esta especificación; también se deben implementar las medidas de drenaje definitivo indicadas en los documentos del proyecto y de drenaje provisional contempladas por el Constructor en su método constructivo. Si las condiciones del sitio requieren medidas adicionales para garantizar la estabilidad del terraplén, el Interventor determinará los eventuales trabajos de descapote y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base.

Las superficies con pendientes mayores que uno (1) vertical por cinco (5) horizontal (1V:5H) deberán escarificarse, escalonarse y nivelarse en bancas, o disgregarse de tal forma que el material de lleno se una con el material existente, tal como se indica en los planos del proyecto. Cuando la subrasante sea parte lleno y parte excavación o terreno natural, el material excavado o terreno natural deberá escarificarse a una profundidad de 300 mm y compactarse cómo ha sido especificado para el lleno adyacente.

Cuando lo señale el proyecto o lo ordene el Interventor, la capa superficial de suelo existente que cumpla con lo señalado en el numeral 2.3, se deberá mezclar con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.

Si el terraplén hubiere de ser construido sobre turba o suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales; si lo anterior fuese impráctico, se deberá considerar su tratamiento previo y

consolidación o la utilización de cualquier otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el Constructor y autorizado por el Interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir los esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado. Si el proyecto lo considera, la superficie de apoyo se podrá preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se construirá el cuerpo del terraplén. La colocación de los geosintéticos se realizará de conformidad con las indicaciones del proyecto o las instrucciones del Interventor y, en todo caso, será motivo de una especificación particular.

No se harán pagos directos por los trabajos realizados en este numeral. La limpieza y desbroce necesarios y la cantidad de excavación removida se pagarán bajo los respectivos ítems de trabajo.

### **3.9.2 Construcción de terraplenes**

#### *3.9.2.1 Cuerpo del terraplén*

El Interventor sólo autorizará la colocación de materiales de terraplén cuando el terreno base esté adecuadamente preparado, según se indica en el numeral 3.9.1.

Los suelos de escasa o nula cohesión se podrán emplear en la construcción del cuerpo de los terraplenes, siempre que dicho material quede confinado lateralmente con suelos cohesivos y no erosionables, y que cumplan con lo estipulado para “*suelos seleccionados*” o “*suelos adecuados*” en el numeral 2.3, en un ancho mínimo de un metro (1.0 m) medido horizontalmente desde la línea de talud hacia el cuerpo del terraplén.

Durante la construcción del terraplén, el Constructor enrutará todo el equipo de construcción uniformemente sobre el ancho total del terraplén a medida que se construye cada capa. La construcción de las capas comenzará en la sección de mayor altura del terraplén. El material del terraplén se colocará en capas sensiblemente paralelas y de espesor uniforme, el cual será lo suficientemente reducido para que, con los equipos disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido de acuerdo con los resultados obtenidos en la construcción de la Franja de Control descrita en el numeral 3.8. El espesor de las capas no será menor que 150 mm ni mayor que 300 mm antes de la compactación, salvo que el Interventor autorice lo contrario. Cuando se requiera más de una capa para lograr el espesor establecido en los planos, los procedimientos de construcción descritos se aplicarán a cada capa.

Los materiales de cada capa serán de características uniformes. No se extenderá ninguna capa, mientras no se haya comprobado que la subyacente cumple las condiciones de compactación exigidas. Se deberá garantizar que las capas presenten adherencia y homogeneidad entre sí. Cuando se trate de terraplenes nuevos, cada capa deberá ser extendida y compactada a todo lo ancho de la sección transversal.

Será responsabilidad del Constructor asegurar un contenido de humedad que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén. En los casos especiales en que la humedad del material sea considerablemente mayor que la adecuada para obtener la compactación prevista, el Constructor propondrá y ejecutará los procedimientos más convenientes para ello, previa autorización del Interventor, cuando el exceso de humedad no pueda ser eliminado por el sistema de aireación.

Obtenida la humedad más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la capa. En los cimientos y núcleos de terraplenes, las densidades secas que alcancen no serán inferiores a las mínimas exigidas, de acuerdo con el numeral 4.2.2.2.2. El trabajo se deberá realizar comenzando desde los bordes del terraplén, avanzando hacia el centro con pasadas paralelas traslapadas en, por lo menos, la mitad del ancho de la unidad compactadora. En secciones con pendiente transversal uniforme, la compactación deberá comenzar en la parte baja y avanzar hacia la más alta.

Toda la superficie deberá recibir el número suficiente de pasadas completas para obtener una compactación

uniforme en todo el ancho del terraplén, y satisfactoria según las exigencias del numeral 4.2.2.2.2.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando para la compactación, se compactarán con equipos apropiados para el caso, en tal forma que las densidades secas obtenidas no sean inferiores a las determinadas en esta especificación para la capa del terraplén que se esté compactando.

En casos especiales, cuando los terraplenes deban construirse en zonas pantanosas, se colocará material en una (1) sola capa hasta la elevación mínima a la cual pueda trabajar el equipo. Por encima de dicha elevación, el terraplén se construirá por capas que se compactarán con los niveles de densificación señalados en el numeral 4.2.2.2.2.

Los taludes de los terraplenes tendrán una inclinación uniforme, la que en general será de tres (3) horizontal por dos (2) vertical (3H:2V), salvo indicación distinta en los documentos del proyecto, las especificaciones particulares o instrucción escrita del Interventor.

En las áreas por fuera de las áreas pavimentadas no se requerirá la compactación de los 100 mm superiores, los cuales se prepararán para empedradización.

#### *3.9.2.2 Corona del terraplén*

Salvo que los planos del proyecto o las especificaciones particulares establezcan algo diferente, la corona deberá tener un espesor compacto de 300 mm construidos en dos capas de igual espesor, las cuales se conformarán utilizando “suelos seleccionados” o “suelos adecuados” según lo establecido en el numeral 2.3. Los suelos se humedecerán o airearán según sea necesario, y se compactarán mecánicamente hasta obtener los niveles señalados en el numeral 4.2.2.2.2.

Los terraplenes se deberán construir hasta una cota superior a la indicada en los planos, en la dimensión suficiente para compensar los asentamientos producidos por efecto de la consolidación y obtener la rasante final a la cota proyectada, con las tolerancias establecidas en el numeral 4.2.2.2.2.

Si por causa de los asentamientos, las cotas de subrasante resultan inferiores a las proyectadas, incluidas las tolerancias indicadas en esta especificación, se deberá escarificar la capa superior del terraplén en el espesor que ordene el Interventor y adicionar del mismo material utilizado para conformar la corona, efectuando la homogeneización, humedecimiento o secamiento y compactación requeridos hasta cumplir con las cotas de subrasante.

Si las cotas finales de subrasante resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el Constructor deberá retirar, a sus expensas, el espesor en exceso. Este retiro no podrá afectar desfavorablemente ni el grado de compactación ni la pendiente transversal exigida a esta capa.

En la corona de terraplenes, la densidad seca que se alcance con el proceso de compactación no será inferior a la mínima exigida en el numeral 4.2.2.2.2.

En las áreas por fuera de las áreas pavimentadas no se requerirá la compactación de los 100 mm superiores, los cuales se prepararán para empedradización.

#### *3.9.2.3 Acabado*

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén deberá estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias sin peligro de erosión.

Con el fin de disminuir el efecto erosivo del agua sobre los taludes de los terraplenes, éstos se deberán proteger mediante su empradización, conforme lo establece el Artículo 810 “*Protección Vegetal de Taludes*” de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia, o el sistema que indiquen los documentos técnicos del proyecto y/o la especificación particular correspondiente.

#### 3.9.2.4 Estabilidad

El Constructor responderá, hasta la aceptación final, por la estabilidad de los terraplenes construidos con cargo al contrato y deberá sustituir, sin cargo para el proyecto, cualquier tramo que, a juicio del Interventor, presente defectos constructivos o deterioros atribuibles al descuido o negligencia del Constructor o por causas distintas a las indicadas en el párrafo siguiente.

Si el trabajo ha sido hecho adecuadamente conforme a las especificaciones, los planos del proyecto y las indicaciones del Interventor y resultaren daños causados exclusivamente por movimientos inevitables del suelo sobre el que se ha construido el terraplén, por lluvias copiosas que excedan cualquier máximo de lluvias de registros anteriores, derrumbes inevitables, terremotos, inundaciones que excedan la máxima cota de elevación de agua registrada o señalada en los planos, se reconocerán al Constructor los costos por las medidas correctoras, las excavaciones necesarias y la reconstrucción del terraplén, salvo cuando los derrumbes, hundimientos o inundaciones se deban a mala construcción de las obras de drenaje, falta de retiro oportuno de formaletas u obstrucciones derivadas de operaciones deficientes de construcción, imputables al Constructor.

### 3.10 Acarreo

Todo el acarreo se considerará como una parte necesaria de la obra. El Constructor deberá incluir el costo de acarreo en el precio unitario del contrato para el pago de los ítems de obra involucrados. No se hará ningún pago separado o directo por el acarreo en ninguna parte de la obra.

Los equipos del Constructor no deberán causar daño a ninguna superficie excavada, capa compactada o a la subrasante como resultado de las operaciones de acarreo. Cualquier daño causado como resultado de las operaciones de acarreo del Constructor se reparará a su costa. El Constructor será responsable de proveer, mantener y remover cualquier camino de acarreo o vía interna o externa al área de trabajo, y deberá regresar las áreas afectadas a su condición anterior, a menos que el Propietario del proyecto autorice algo diferente por escrito. No se harán pagos separados por ninguna obra o materiales asociados con la provisión, mantenimiento y remoción de los caminos de acarreo y otras vías.

### 3.11 Capa vegetal

Cuando se requiera o especifique capa vegetal en los planos, ésta se obtendrá de las operaciones de descapote. La capa vegetal deberá satisfacer los requerimientos del Artículo 810 “*Protección Vegetal de Taludes*” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras de Instituto Nacional de Vías de Colombia. Si en el momento de la excavación o descapote no se puede disponer la capa vegetal en su ubicación definitiva, el material se almacenará en ubicaciones aprobadas. Los acopios se ubicarán donde lo indiquen los planos, y no estarán en áreas que subsecuentemente requerirán de excavación o relleno. Si a juicio del Interventor es viable ubicar la capa vegetal recuperada en su posición final, esto se hará sin almacenamiento ni manipulación adicional.

Al terminar los movimientos de tierra, la capa vegetal almacenada será transportada y ubicada como se indica en los planos y de acuerdo con el Artículo 810 “*Protección Vegetal de Taludes*” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia. La capa vegetal se pagará como se define en dicho Artículo y, por lo tanto, no se hará pago directo de esta bajo el presente Ítem P-152.

### **3.12 Manejo ambiental**

Todas las labores de excavación de la explanación, canales y préstamos se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

En particular, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones en las excavaciones:

- Cuando se estén efectuando las excavaciones, se deberá tener cuidado para que no se presenten depresiones y hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales.
- Los materiales sobrantes de las excavaciones se deberán disponer conforme lo establece el numeral 3.4.
- Si está previsto el revestimiento vegetal de los taludes con material de descapote, éste se deberá efectuar inmediatamente después de culminada la excavación.
- El material de descapote de las zonas de préstamo deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área excavada, reintegrándolo al paisaje.

Todas las determinaciones referentes a la construcción de terraplenes deberán tomarse considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

En particular, se deberá prestar atención al correcto funcionamiento de los dispositivos de drenaje y a la protección vegetal de los taludes para evitar erosiones y arrastre de partículas sólidas.

### **3.13 Limpieza final**

Al terminar los trabajos de excavación, el Constructor deberá limpiar y conformar las zonas laterales del proyecto, las de préstamo y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y las indicaciones del Interventor.

### **3.14 Referencias topográficas**

Durante la ejecución de la excavación para explanación, canales y préstamos, el Constructor deberá mantener, sin alteración, todas las referencias topográficas y las marcas especiales para limitar las áreas de trabajo.

### **3.15 Limitaciones en la ejecución**

Los trabajos de excavación de la explanación, canales y préstamos, y construcción de terraplenes se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por la Entidad Contratante o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

La construcción de terraplenes sólo se llevará a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente no sea inferior a diez grados Celsius (10°C). El trabajo deberá suspenderse en cualquier momento si no se pueden obtener resultados satisfactorios debido a la lluvia u otras condiciones climáticas insatisfactorias. El material no deberá colocarse sobre superficies lodosas. Se deberá prohibir la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución del terraplén, hasta que se haya completado su compactación. Si ello no resulta posible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se distribuirá de manera que no se concentren huellas de rodadas en la superficie.

## 4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

### 4.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado para la ejecución de los trabajos.
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas excavadas.
- Comprobar que toda superficie para base de terraplén o subrasante mejorada quede limpia y libre de materia orgánica.
- Verificar la compactación del fondo de la excavación, cuando corresponda.
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 2.
- Verificar la compactación de todas las capas del terraplén.
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

El Interventor verificará que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos.

El Interventor medirá, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el Constructor de acuerdo con la presente especificación.

Todos los ensayos de aseguramiento de la calidad serán realizados por el Interventor.

### 4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados estarán a cargo del Interventor.

El laboratorio empleado para el control de calidad deberá contar con personal capacitado y equipos debidamente calibrados. Los certificados de vigencia de los equipos empleados en el control de calidad no deberán tener una vigencia superior a un año.

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se deberá redondear “a la unidad más cercana” en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación, en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823-13.

Las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

#### 4.2.1 Excavaciones

##### 4.2.1.1 Tolerancias superficiales

El trabajo de excavación se dará por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección estén de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la excavación no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el Interventor.

En aquellas áreas en las cuales se construirán capas de subbase o base, se deberá evaluar la regularidad y la precisión de los niveles y la sección transversal. Cualquier sección que no cumpla con la regularidad y/o con la precisión requerida de las pendientes y niveles deberá ser escarificada a una profundidad de al menos 75 mm, reconformada y recompactada a la cota correspondiente, hasta que cumpla con la regularidad y la precisión requeridas y sea aprobada por el Interventor. El Constructor realizará las verificaciones finales de regularidad y cotas en presencia del Interventor. Cualquier desviación de las tolerancias superficiales deberá ser corregida por el Constructor a su costa.

#### **a. Regularidad**

Se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793-13 método B (regla rodante), en todos los sitios que el Interventor considere conveniente.

La regla se colocará tanto paralela como normalmente al eje de la pista, calle de rodaje o plataforma, y no se admitirán variaciones superiores a nueve milímetros (9 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. La regla se debe mover continuamente hacia adelante, a la mitad de su longitud, hasta evaluar la longitud total de cada línea en una cuadrícula de 15 metros.

Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia será delimitada por el Interventor, y el Constructor deberá corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en la presente especificación.

#### **b. Niveles**

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no deberá variar en más de 15 mm con respecto a la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota de subrasante podrá superar la cota del proyecto.

En áreas de seguridad, áreas con césped y otras áreas designadas dentro de los límites de nivelación, donde no se construirá base o subbase, los niveles no deberán variar más de 30 mm de los valores especificados. Cualquier desviación mayor que 30 mm deberá corregirse mediante escarificación, adición o remoción de materiales, y reconformación.

Las cotas de fondo de las cunetas, zanjas y canales no deberán diferir en más de 30 mm de las proyectadas.

##### *4.2.1.2 Compactación de la subrasante*

Para efectos de la verificación de la compactación de la subrasante que se especifica en el numeral 3.7.2, se define como “lote”, que se aceptará o rechazará en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Dos mil quinientos metros cuadrados (2,500 m<sup>2</sup>) de subrasante compactada.
- El área de subrasante compactada con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de la subrasante en el terreno se elegirán al azar, según el método INV E-730 “*Selección al azar de sitios para la toma de muestras*”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por cada quinientos metros cuadrados (500 m<sup>2</sup>). Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los

resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

a. Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x.}} \times 100 \quad [152.1]$$

b. Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,m\acute{a}x.}} \times 100 \quad [152.2]$$

Donde:

$GC_i$  : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$ : Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161-13 y E-162-13, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,m\acute{a}x.}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141-13 (ensayo normal de compactación) o INV E-142-13 (ensayo modificado de compactación). El peso unitario seco máximo se refiere a la densidad seca máxima con la humedad óptima, a menos que se especifique algo diferente.

$C\gamma_{d,m\acute{a}x.}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141-13 o INV E-142-13, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143-13, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (normas INV E-141-13 o INV E-142-13).

El peso unitario seco máximo corregido del material ( $C\gamma_{d,m\acute{a}x.}$ ) que se use para calcular el grado de compactación individual ( $GC_i$ ) se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (PFG) presente en ese sitio.

El método INV E-141-13 se empleará en áreas designadas para aeronaves con peso menor o igual que 27,200 kg. El método INV E-142-13 se empleará en áreas designadas para aeronaves con peso mayor que 27,200 kg.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, los criterios de aceptación serán los siguientes:

$$GC_i(90) \geq 100\% \quad \text{se acepta el lote} \quad [152.3]$$

$$GC_i(90) < 100\% \quad \text{se rechaza el lote} \quad [152.4]$$

Donde:

$GC_i(90)$ : Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia a partir de los valores individuales del grado de compactación  $GC_i$ .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán escarificarse, homogenizarse, llevarse a la humedad adecuada y compactarse nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado. La densidad máxima se refiere a la densidad seca máxima con la humedad óptima.

## 4.2.2 Terraplenes

### 4.2.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se determinarán los parámetros indicados en el numeral 2.3. La totalidad de los resultados deberá satisfacer las exigencias indicadas en dicho numeral, según el tipo de suelo, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los materiales y ordenará el retiro de aquellas que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Además, efectuará las verificaciones periódicas de la calidad del material que se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Verificaciones Periódicas de la Calidad de los Materiales para los Terraplenes**

Característica	Método de ensayo	Frecuencia
Granulometría	INV E-123-13	Una (1) vez por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121-13	Una (1) vez a la semana
Límite líquido	INV E125-13	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	INV E-126-13	Una (1) vez por jornada
CBR de laboratorio, con expansión	INV E-148-13	Una (1) vez por mes
Índice de colapso	INV E-157-13	Una (1) vez por mes
Densidad seca máxima	INV E-142-13	Una (1) vez a la semana
Contenido de sales solubles	INV-E-158-13	Una (1) vez a la semana

### 4.2.2.2 Calidad del producto terminado

#### 4.2.2.2.1 Acabado

Cada capa terminada de terraplén deberá presentar una superficie uniforme y ajustada a la rasante y a las pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del terraplén no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no deberá variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo, y en ningún caso la cota de subrasante podrá superar la cota del proyecto o la autorizada por el Interventor.

No se tolerará en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

En adición a lo anterior, se deberán efectuar las siguientes comprobaciones:

#### 4.2.2.2.2 Compactación

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas del terraplén, se define como “lote”, que se aceptará o rechazará en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Dos mil quinientos metros cuadrados (2,500 m<sup>2</sup>) de cualquier capa compactada del terraplén.
- El volumen construido con el mismo material, del mismo corte o préstamo y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa del terraplén en el terreno se elegirán al azar, según el método INV E-730 “*Selección al azar de sitios para la toma de muestras*”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por cada quinientos metros cuadrados (500 m<sup>2</sup>). Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de terraplén, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

c. Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x.}} \times 100 \quad [152.5]$$

d. Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,m\acute{a}x.}} \times 100 \quad [152.6]$$

Donde:

$GC_i$  : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$ : Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161-13 y E-162-13, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,m\acute{a}x.}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141-13 (ensayo normal de compactación) o INV E-142-13 (ensayo modificado de compactación). El peso unitario seco máximo se refiere a la densidad seca máxima con la humedad óptima, a menos que se especifique algo diferente.

$C\gamma_{d,máx.}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141-13 o INV E-142-13, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143-13, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (normas INV E-141-13 o INV E-142-13).

El peso unitario seco máximo corregido del material ( $C\gamma_{d,máx.}$ ) que se use para calcular el grado de compactación individual ( $GC_i$ ) se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (PFG) presente en ese sitio.

El método INV E-141-13 se empleará en áreas designadas para aeronaves con peso menor o igual que 27,200 kg. El método INV E-142-13 se empleará en áreas designadas para aeronaves con peso mayor que 27,200 kg.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, los criterios de aceptación serán los siguientes para cualquier capa del terraplén:

$GC_i(90) \geq 100\%$       se acepta el lote      [152.7]

$GC_i(90) < 100\%$       se rechaza el lote      [152.8]

Donde:

$GC_i(90)$ : Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia a partir de los valores individuales del grado de compactación  $GC_i$ .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán escarificarse, homogenizarse, llevarse a la humedad adecuada y compactarse nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado. La densidad máxima se refiere a la densidad seca máxima con la humedad óptima.

#### 4.2.2.2.3 Irregularidades

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

#### 4.2.2.2.4 Protección de la corona del terraplén

La corona del terraplén no deberá quedar expuesta a las condiciones atmosféricas; por lo tanto, se deberá construir en forma inmediata la capa superior proyectada una vez terminada la compactación y el acabado final de aquella. Será responsabilidad del Constructor la reparación de cualquier daño a la corona del terraplén, por la demora en la construcción de la capa siguiente.

## 5 MÉTODO DE MEDIDA

### 5.1 Excavaciones

La unidad de medida para el pago de excavaciones será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al metro cúbico completo, de material excavado en su posición original. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

Todas las excavaciones para explanación, canales y préstamos serán medidas por volumen ejecutado, con base en las áreas de corte de las secciones transversales del proyecto, original o modificado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutado el trabajo de excavación. También se podrán medir las excavaciones mediante la comparación de las superficies de los modelos digitales del terreno (MDT) original y modificado, si estos están disponibles. El área final, sujeta a verificación por el Interventor, es aquella limitada por la línea original del terreno, establecida por las secciones transversales de campo, y la línea de pago teórica final, establecida por las secciones transversales que se muestran en los planos.

Si el Constructor modifica el perfil de la excavación antes de que el Interventor realice la medición, se deberá atener a lo que unilateralmente éste determine.

No se medirán las excavaciones que el Constructor haya efectuado por negligencia o por conveniencia por fuera de las líneas de pago del proyecto o las autorizadas por el Interventor. Si dicha sobreexcavación se efectúa en la subrasante o en una calzada existente, el Constructor deberá rellenar y compactar los respectivos espacios sin costo adicional para el proyecto, usando materiales y procedimientos aceptados por el Interventor.

En las zonas de préstamo, solamente se medirán en su posición original los materiales efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes. Alternativamente, se podrá establecer la medición de los volúmenes de materiales de préstamo utilizados, en su posición final en la vía, reduciéndolos a su posición original mediante relación de densidades secas determinadas por el Interventor, teniendo en cuenta la corrección de partículas gruesas establecida por la norma INV E-143-13, siempre que ella se requiera.

No se medirán ni se autorizarán pagos para los volúmenes de material removido de derrumbes durante los trabajos de excavación de taludes cuando, a juicio del Interventor, ellos fueren causados por procedimientos inadecuados o por negligencia del Constructor.

### 5.2 Terraplenes

La unidad de medida para los volúmenes de terraplenes será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al metro cúbico completo, de material compactado, aceptado por el Interventor, en su posición final. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

Todos los terraplenes serán medidos por los volúmenes determinados con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el Interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de terraplenes. Dichas áreas estarán limitadas por las siguientes líneas de pago:

- a) Las líneas del terreno (terreno natural descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes).
- b) Las líneas del proyecto (subrasante o límite inferior de la subbase, cunetas y taludes proyectados).

No habrá medida ni pago para los terraplenes por fuera de las líneas del proyecto o de las establecidas por el Interventor, efectuados por el Constructor, ya sea por negligencia o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Los rellenos con materiales sobrantes de excavación o de derrumbes que se coloquen sobre taludes de terraplenes terminados no se medirán. No se medirán los terraplenes que se efectúen en trabajos de zonas laterales y las de préstamo y desecho.

No se medirán los terraplenes que haga el Constructor en sus caminos de construcción y obras auxiliares que no formen parte de las obras del proyecto. Tampoco se medirán, ni serán objeto de pago, los rellenos que sean necesarios para restituir la explanación a las cotas proyectadas, debido a un exceso de excavación.

## **6 BASE DE PAGO**

### **6.1 Base de pago de excavaciones**

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto o las instrucciones del Interventor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

El precio unitario para la excavación deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación, remoción, cargue, acarreo libre, y descargue en la zona de utilización o desecho. Se deberá considerar la mano de obra, equipos, herramientas utilizadas y los costos de administración, imprevistos y utilidad del Constructor.

Deberá cubrir, además, los costos de conformación y protección de la subrasante; los costos de compactación de la subrasante cuando corresponda, según se indica en el numeral 3.7.2; la conformación de las zonas laterales y las de préstamo y disposición de sobrantes; los costos de perforación en roca, precortes, explosivos y voladuras; la excavación de zanjas u obras similares y el mejoramiento de esas mismas obras o de cauces naturales; y la limpieza final.

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio e instante de utilización.

En las zonas del proyecto donde se deba realizar trabajo de descapote, el precio unitario deberá cubrir el almacenamiento de los materiales necesarios para las obras; y, cuando ellos se acordonen a lo largo de futuros terraplenes, su posterior traslado y extensión sobre los taludes de éstos, así como el traslado y extensión sobre los taludes de los cortes donde esté proyectada su utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el Interventor. De los volúmenes de excavación se descontarán, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de mamposterías; concretos; filtros; y subbases, bases y capas de rodadura tanto de pavimentos asfálticos como de pavimentos rígidos.

En los proyectos de ensanche o de modificación del alineamiento de calzadas existentes, donde se debe garantizar el tránsito, el Constructor deberá considerar en su precio unitario la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, así como todos los costos por concepto de la conservación de la superficie de rodadura existente.

El precio unitario para excavación de préstamos deberá cubrir todos los costos de desmonte, limpieza y descapote, entendiéndose en este caso como descapote la remoción necesaria de material para acceder al estrato apto de las zonas de préstamo; la excavación, cargue, acarreo libre y descargue de los materiales de préstamo efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes o pedraplenes; los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y de alquiler de las fuentes de materiales de préstamo; el drenaje de las zonas de préstamo;

y los costos de adecuación paisajística de las zonas de préstamo para recuperar las características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106, “Aspectos Ambientales”, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá pago por las excavaciones y disposición o desecho de los materiales no utilizados obtenidos en las zonas de préstamo.

El transporte de los materiales provenientes de las excavaciones a una distancia mayor a cien metros (100 m) de acarreo libre se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 900, “Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes”, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

## **6.2 Base de pago de terraplenes**

El trabajo de terraplenes se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir los costos de escarificación, nivelación, conformación, compactación y demás trabajos preparatorios de las áreas en donde se haya de construir un terraplén nuevo; deberá cubrir, además, la colocación, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación de los materiales utilizados en la construcción de terraplenes; y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los terraplenes, de acuerdo con esta especificación, los planos y las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Habrá pago separado para los diversos ítems relacionados con el desmonte y limpieza; demolición y remoción; los cortes de los taludes en media ladera y de los terraplenes por ampliar y el drenaje de las áreas que hayan de recibir terraplenes.

También habrá pago separado para los trabajos de empedradización de los taludes de los terraplenes conforme se indica en el Artículo 810 “Protección Vegetal de Taludes” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia. Asimismo, habrá pago separado para el suministro y colocación de los geosintéticos a los cuales se hace referencia en el numeral 3.9.1, los cuales se pagarán de acuerdo con la especificación particular establecida para ello.

Salvo que el proyecto indique lo contrario, se aplicará el mismo precio unitario a todas las partes del terraplén.

## **6.3 Ítems de pago**

El pago se hará bajo los ítems:

Ítem P-152.6-1. Excavación en roca de la explanación y canales por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem P-152.6-2. Excavación en material común de la explanación y canales por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem P-152.6-3. Excavación en roca de zonas de préstamo por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem P-152.6-4. Excavación en material común de zonas de préstamo por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem P-152.6-5. Terraplenes por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

**\*\* Fin del Ítem P-152 Excavación, Subrasante y Terraplenes \*\***

# Ítem P-154 Capa de Subbase

## 1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina subbase granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o estabilizada o la capa drenante, en todo tipo de pavimento, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización.

El Ítem P-154 puede emplearse como subbase en pavimentos flexibles y rígidos de acuerdo con los lineamientos del documento AC150/5320-6 de la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos. También puede emplearse como capa de separación subyacente a una capa drenante de acuerdo con los lineamientos del documento Ac 150/5320-5D de la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos.

De acuerdo con la función pretendida, esta especificación considera dos tipos de subbase granular:

**Tabla 1. Tipos de Subbase Granular**

<b>Tipo de Subbase Granular</b>	<b>Uso del Material</b>
Tipo A	Como capa de subbase granular en todo tipo de pavimentos
Tipo B	Exclusivamente como “Capa de Separación” subyacente a una “Capa Drenante” de acuerdo con los numerales G-2.6.2 y G-3.5.2 del documento Ac 150/5320-5D “Airport Drainage Design” de la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos.

El trabajo también incluye el suministro y la instalación de geotextiles sobre una subrasante blanda y muy húmeda, de conformidad con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor, para desempeñar las funciones de separación, filtración y, en algunos casos, refuerzo.

La función de estabilización es apropiada para suelos de subrasante con CBR entre uno y tres por ciento ( $1 \leq \text{CBR} < 3 \%$ ), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169 “Relación de soporte del suelo en el terreno” o tener un valor de resistencia al corte entre treinta y noventa kilopascals (30-90 kPa). La determinación de la resistencia al corte se podrá realizar con uno cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 “Compresión confinada en muestras de suelos” o INV E-170 “Ensayo de corte sobre suelos cohesivos, usando la veleta”. Los sitios para hacer las determinaciones serán los previstos en los planos del proyecto o los indicados por el Interventor.

Este Ítem no aplica para el refuerzo de terraplenes donde las condiciones de esfuerzos puedan causar fallas globales de la fundación o del cuerpo del terraplén.

## 2 MATERIALES

### 2.1 Subbase granular

El material de la subbase consistirá en partículas duras y durables o fragmentos de agregados granulares. El material podrá obtenerse de fuentes de grava, acopios, o podrá producirse en una planta de trituración y tamizado mediante un adecuado mezclado de fracciones. Los materiales de estas fuentes deberán cumplir los requisitos de granulometría, calidad y consistencia. El material deberá estar libre de material vegetal, cantidades excesivas de arcilla y otras sustancias objetables. El material deberá estar uniformemente mezclado y deberá ser compactable para formar una subbase densa y estable.

Los requerimientos para el material de subbase granular se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Requerimientos para el Material de Subbase Granular**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
<b>Agregado grueso</b>		
Resistencia a la degradación	Pérdida: 50% máximo	INV E-218-13
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	Pérdida luego de cinco ciclos: 12% máximo empleando sulfato de sodio o 18% máximo empleando sulfato de magnesio	INV E-220-13
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	2% máximo	INV E-211-13
<b>Agregado fino</b>		
Límite líquido	Menor o igual que 25	INV E-125-13
Índice de plasticidad	Menor o igual que 5	INV E-126-13
Equivalente de arena	Mayor o igual que 25	INV E-133-13
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	2% máximo	INV E-211-13
<b>Material combinado</b>		
CBR (%): Porcentaje asociado con el valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión.	20% mínimo para Subbase Granular Tipo A 50% mínimo para Subbase Granular Tipo B	INV E-148-13

La granulometría del material de subbase granular deberá satisfacer los requerimientos de gradación dados en la siguiente tabla y evaluados con los métodos INV E-213-13 e INV E-214-13.

**Tabla 3. Requerimientos de Granulometría para Subbase Granular**

#### *Subbase Granular Tipo A*

Designación del tamiz	Porcentaje en peso que pasa el tamiz	Tolerancias para la banda de la fórmula de trabajo (porcentaje) <sup>(1)</sup>
	Subbase Granular Tipo A	
3 pulgada (75.0 mm)	100	0
¾ pulgada (19.0 mm)	70 – 100	±10
No. 10 (2.00 mm)	20 – 100	
No. 40 (425 µm)	5 – 60	±5
No. 200 (75 µm)	0 – 10	

### Subbase Granular Tipo B

Designación del tamiz	Porcentaje en peso que pasa el tamiz	Tolerancias para la banda de la fórmula de trabajo (porcentaje) <sup>(1)</sup>
	Subbase Granular Tipo B <sup>(2)</sup>	
1 ½" (37.5 mm)	100 <sup>(3)</sup>	0
1" (25.0 mm)	75 – 95	±7
½" (12.5 mm)	55 – 85	
¾" (9.5 mm)	45 – 75	
No. 4 (4.75 mm)	30 – 60	
No. 10 (2.00 mm)	20 – 45	±6
No. 40 (425 µm)	8 – 30	
No. 200 (75 µm)	2 – 15	
		±3

- (1) Las "Tolerancias para la banda de la fórmula de trabajo" se aplicarán a la granulometría definitiva adoptada por el Constructor y aprobada por el Interventor con el fin de establecer la banda de control de calidad del proyecto.
- (2) La gradación de la Subbase Granular Tipo B deberá satisfacer el criterio de filtro con la capa subyacente, es decir, el D15 de la Capa de Separación deberá ser menor o igual que cinco veces el D85 de la capa subyacente ( $D15 \leq 5 \cdot D85$ ). El D15 es el tamaño de partícula correspondiente al 15% que pasa del material de la Capa de Separación; el D85 es el tamaño de partícula correspondiente al 85% que pasa de la capa subyacente.
- (3) El tamaño máximo de la Capa de Separación debe ser menor que 50 mm o 0.25 veces el espesor de la capa. El tamaño máximo de 37.5 mm corresponde a un espesor mínimo de la Capa de Separación de 150 mm.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una "Fórmula de Trabajo" a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la tabla anterior, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40), no deberá exceder de 2/3 y el tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

## 2.2 Geotextil

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil serán los establecidos en los documentos del proyecto en función de las condiciones y procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener el geotextil.

En general, se podrán emplear geotextiles tejidos o no tejidos, elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del 95 % en masa de poliolefinas o poliéster. El geotextil deberá permitir en todo momento el libre paso del agua.

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Ítem.

### 2.2.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del geotextil serán las establecidas en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que en ellos se defina; las propiedades mecánicas para su supervivencia en condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 4, en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR).

**Tabla 4. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR medidas en la dirección más débil del geotextil**

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito	
		Geotextiles tejidos	Geotextiles no tejidos
Elongación (%)	D4632	< 50	≥ 50
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1,400	900
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1,260	810
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro, valor mínimo (N)	D6241	2,750	1,925
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N) (Nota 1)	D4533	500	350

Nota 1: El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 250 N.

### 2.2.2 Propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas que deberá cumplir el geotextil, salvo que los documentos del proyecto especifiquen otros requisitos, son las que se indican en la Tabla 5 en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR).

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto podrán especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo ASTM D4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo).

**Tabla 5. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR**

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito
Permitividad, valor mínimo ( $s^{-1}$ ). (Nota 1)	D4491	0.05
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	D4751	0.43
Estabilidad ultravioleta después de 500 h de exposición, valor mínimo (%)	D4355	50

Nota 1: La permitividad del geotextil deberá ser mayor que la permitividad del suelo ( $\psi_g > \psi_s$ ).

Nota 2: El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo.

### 2.2.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

## **2.3 Geomalla**

No empleada.

## **2.4 Material de cobertura**

Este material deberá cumplir con todo lo especificado para Subbase Granular Tipo A en el presente Ítem de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

## **2.5 Materiales accesorios**

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geotextil deberán cumplir con los requisitos establecidos por el fabricante del geotextil.

# **3 MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN**

## **3.1 Generalidades**

La capa de subbase se colocará donde esté señalado por los planos o como lo indique el Interventor. El material será conformado y completamente compactado dentro de las tolerancias especificadas.

Las subbases granulares que, debido al tamaño o forma de las partículas, no sean lo suficientemente estables para soportar sin deformaciones el tráfico del equipo de construcción serán mecánicamente modificadas hasta el espesor necesario para proveer estabilidad, tal como lo indique el Interventor. La modificación mecánica deberá incluir la adición de un material de granulometría fina-media para ligar suficientemente las partículas del material de subbase y ofrecer la capacidad portante para que la capa no se deforme bajo el tráfico del equipo de construcción.

Cuando se contemple la instalación de geotextil, el Interventor exigirá al Constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la subrasante y de las capas inferiores del pavimento si es el caso, la colocación del geotextil y la colocación, conformación y compactación del material de cobertura, de manera que el geotextil quede expuesto el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles deberán tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

## **3.2 Equipo**

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cabal cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

Para la construcción de la subbase granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

Se deberá disponer de los equipos necesarios para instalar el geotextil correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que deba colocarse sobre el geotextil, de conformidad con la especificación correspondiente y los planos del proyecto o las instrucciones del Interventor.

### **3.3 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

#### **3.3.1 Aspectos generales**

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Constructor suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado, mezcla de fracciones para obtener una determinada granulometría y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Constructor no cumple con esos requerimientos, el Interventor exigirá los cambios que considere necesarios. Asimismo, el Interventor podrá en todo momento verificar la producción de materiales y exigir los cambios que considere necesarios para la buena ejecución de los trabajos contratados, cuando se detecte algún incumplimiento de los requisitos mencionados.

Todos los trabajos de clasificación de agregados, separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado y en especial la eventual mezcla de dos o más agregados para obtener una determinada gradación, se deberán efectuar en el sitio de explotación o elaboración y en ninguna circunstancia se permitirá ejecutarlos en la vía.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán conservarse para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Constructor remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

Los vehículos para transporte de agregados y mezclas deberán contar con dispositivos para depositar los materiales de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Cualquier contaminación que se presentare, deberá ser subsanada por el Constructor, a su costa, antes de proseguir el trabajo.

No habrá pago por separado para los transportes de materiales pétreos; por lo tanto, el precio unitario de la subbase granular deberá cubrir, entre otros, los costos de adquisición, trituración, lavado, clasificación, transportes, cargue y descargue de los materiales pétreos. Tampoco habrá pago por separado por el transporte de los suelos y agregados destinados a la construcción de la subbase granular.

### **3.4 Preparación de la capa subyacente**

Antes de construir la capa de subbase se eliminará cualquier sustancia extraña de la capa subyacente o subrasante. Además, deberá estar concluida la construcción de los desagües y filtros necesarios para el drenaje de la pista. La superficie de la capa subyacente o subrasante deberá satisfacer las especificaciones de compactación y las tolerancias superficiales de acuerdo con el Ítem P-152. Se corregirán las huellas, los puntos blandos o fallados en las capas subyacentes y las áreas de la subrasante que tengan una compactación inadecuada o desviaciones de la superficie que no cumplan los requisitos especificados, mediante la escarificación y remoción del material blando o no satisfactorio, la adición de material aprobado, la reconformación de alineamientos y niveles, y la recompactación a los niveles especificados de densidad. En capas subyacentes no cohesivas o subrasantes que contengan arenas o gravas, tal como se define en la INV E-181-13, la superficie será estabilizada antes de la colocación de la capa yacente mezclando el material de la capa yacente con la capa subyacente y compactando con métodos aprobados por el Interventor. La capa subyacente terminada no deberá ser alterada por el tráfico u otras operaciones y deberá mantenerse en condición satisfactoria hasta que se coloque la capa yacente sobre la misma. La capa subyacente deberá ser verificada y aceptada por el Interventor antes de comenzar las operaciones

de colocación y extendido de la subbase.

Para proteger la subrasante y asegurar un drenaje apropiado, el extendido de la subbase comenzará a lo largo del eje del pavimento en secciones con bombeo o en el lado más alto en secciones que tengan pendiente transversal unidireccional.

Cuando se contemple la instalación de geotextil, esta sólo será autorizada por el Interventor cuando la subrasante se haya preparado adecuadamente.

### 3.5 Colocación del geotextil

#### 3.5.1 Extensión

El geotextil se deberá extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada, sin arrugas o dobleces. Si es necesario colocar rollos adyacentes de geotextil, éstos se deberán traslapar o unir mediante la realización de una costura de acuerdo con el numeral 3.5.2.

Los traslapos serán los recomendados por el fabricante y aceptados por el Interventor y dependerán tanto del CBR de la subrasante, cuando se coloque sobre ésta, como del tránsito que vaya a circular sobre el pavimento durante la construcción, pero no serán inferiores a los indicados en la Tabla 6.

**Tabla 6. Traslapo mínimo**

Condición	Traslapo mínimo
$1\% \leq \text{CBR} < 3\%$	60 cm o costura
00Todo final de rollo	1 metro o costura

Las costuras que se usen en reemplazo de los traslapos deberán cumplir las condiciones descritas en el numeral 3.5.2 y con los requisitos adicionales que señale el fabricante. En las curvas, para desarrollar su geometría, el geotextil podrá cortarse con sus correspondientes traslapos o costuras, o doblado, según sea el caso.

No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días.

#### 3.5.2 Elaboración de costuras

Las costuras deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo deberá ser kevlar, aramida, polietileno, poliéster o polipropileno. No se permitirán hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se permitirán aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en masa, de fibras naturales. Tampoco se permitirán costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada podrá ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada deberá ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 –200) puntadas por metro lineal.
- La tensión del hilo se deberá ajustar en el campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies a coser.
- No se permitirán costuras hechas a mano.
- Dependiendo del tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se podrá realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.

- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo con la norma ASTM D 4632, deberá ser, como mínimo, el 90 % de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que cosido, medida de acuerdo con la misma norma de ensayo.

### **3.6 Fase experimentación**

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de los materiales, de manera que se cumplan los requisitos de esta especificación.

Para tal efecto, se construirán una o varias secciones de ancho y longitud definidos de acuerdo con el Interventor y en ellas se probarán el equipo y el plan de preparación, extensión y compactación.

El Interventor tomará muestras de la capa construida y las ensayará para determinar su conformidad con las condiciones especificadas de granulometría, densidad seca y demás requisitos.

En el caso de que los ensayos indicaren que la subbase granular no se ajusta a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta que ellos resulten satisfactorios para el Interventor. Sólo cuando estas correcciones se hagan a satisfacción del Interventor, se autorizará la construcción de la capa a escala industrial.

#### **3.6.1 Franja de control**

La primera media jornada de construcción de la subbase se considerará como la franja de control para que el Constructor demuestre, en presencia del Interventor, que los materiales, equipos y procesos de construcción cumplen los requerimientos de esta especificación. Se determinará la secuencia y proceso de compactación necesarios para obtener los requerimientos especificados de densidad. El máximo espesor compactado puede incrementarse hasta 200 milímetros si el Constructor demuestra que los equipos y operaciones aprobadas compactarán uniformemente la capa a la densidad especificada. El Interventor debe presenciar esta demostración y aprobar el espesor de extendido antes de la producción general.

Las franjas de control que no satisfagan los requerimientos de la especificación deberán reconstruirse, recompactarse, o removerse y sustituirse a costa del Constructor. Las operaciones generales no comenzarán hasta que la franja de control haya sido aceptada por el Interventor. El Constructor empleará los mismos equipos, materiales y métodos para el resto de la construcción, a menos que el Constructor haga ajustes que deberán ser aprobados antes de los trabajos por el Interventor.

### **3.7 Transporte y almacenamiento del material**

#### **3.7.1 Transporte de materiales**

Todo transporte de materiales sobre las vías públicas se deberá realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deberán cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte, así como las normas sobre protección ambiental, expedidas por la entidad que tenga la jurisdicción respectiva.

Los vehículos deberán contar con dispositivos para depositar los materiales de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Cualquier contaminación que se presentare, deberá ser subsanada por el Constructor, sin cargo para el proyecto, antes de proseguir el trabajo.

En aquellos casos en que el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el Constructor deberá

construir los desvíos necesarios.

### **3.7.2 Acopio de los agregados**

Los agregados se deberán acopiar en cobertizos o cubriéndolos con plásticos, de manera que no sufran daños o transformaciones perjudiciales. Cada agregado diferente se deberá acopiar por separado, para evitar cambios en su granulometría original. Los últimos quince centímetros (15 cm) de cada acopio que se encuentren en contacto con la superficie natural del terreno no deberán utilizarse, a menos que se hayan colocado sobre ésta lonas que prevengan la contaminación del material de acopio o que la superficie tenga pavimento asfáltico o rígido.

### **3.8 Extensión y conformación del material**

El material se deberá disponer en un cordón de sección uniforme donde el Interventor verificará su homogeneidad. Si la capa de subbase granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, éstos se deberán mezclar en un patio fuera de la pista, calle o plataforma, por cuanto su mezcla dentro del área del proyecto no está permitida. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

El material será colocado y extendido sobre la capa subyacente preparada mediante esparcidores u otros dispositivos aprobados por el Interventor que permitan lograr una capa de espesor y ancho uniformes. El equipo contará con controles positivos de espesor para minimizar la necesidad de manipulación adicional del material. No se permitirá la descarga con vehículos que requieran la manipulación adicional del material. No se permitirá el acarreo de materiales sobre la capa de subbase sin compactar. El material de subbase no se colocará en los lugares donde la capa subyacente presente puntos blandos o deformados.

En todo caso, la cantidad de material extendido deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de subbase compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El material debe satisfacer los requerimientos de granulometría y humedad antes de la compactación. El material debe drenar libremente y se debe establecer la humedad mínima para su colocación y compactación.

Cuando se requiera más de una capa para construir el espesor definido en los planos y demás documentos del proyecto se aplicará el procedimiento de construcción descrito a cada capa. Ninguna capa será cubierta por capas subsiguientes hasta que los ensayos verifiquen que se han satisfecho los requerimientos de compactación. El Constructor volverá a construir, compactar y ensayar a su costa cualquier material colocado que no satisfaga las especificaciones.

En aplicaciones en áreas reducidas, el Constructor propondrá al Interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y la calidad de la capa.

### **3.9 Colocación del material de cobertura sobre geotextil**

Cuando se coloque geotextil, el material de cobertura se descargará en un lugar previamente escogido y autorizado por el Interventor. Luego, el material se extenderá cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil. No se permitirá el tránsito de maquinaria sobre el geotextil hasta que se conforme y compacte adecuadamente la primera capa del material de cobertura. No se permitirá el giro de maquinaria sobre la primera

capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geotextil deberá estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geosintético y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros ( $\geq 30$  mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura deberá ser de veinte centímetros como mínimo ( $\geq 20$  cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros ( $< 30$  mm), el espesor de la primera capa compactada deberá ser de quince centímetros como mínimo ( $\geq 15$  cm).

El material de cobertura se compactará con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en este Ítem o el solicitado por el Interventor, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la capa o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se llevará a cabo hasta la cota indicada en los planos o la ordenada por el Interventor.

### **3.10 Compactación**

Una vez que el material extendido de la subbase granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose razonablemente a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar el 100% de la densidad máxima, tal como se especifica en el numeral 4.2.3. Si no se logra la densidad especificada, el área de la capa representada por los ensayos será reconstruida y/o recompactada y se harán ensayos aleatorios adicionales. Se seguirá este procedimiento hasta que se alcance la densidad especificada. La densidad máxima se refiere a la densidad seca máxima con la humedad óptima.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

### **3.11 Apertura al tránsito**

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Constructor deberá responder por los daños producidos por esta causa, debiendo proceder a la reparación de estos con arreglo a las indicaciones del Interventor.

### **3.12 Limitaciones a la ejecución**

No se permitirá la extensión de ninguna capa de material de subbase granular mientras no se haya realizado la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se podrá ejecutar la subbase granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a cuatro grados Celsius ( $4^{\circ}$  C).

Los trabajos de construcción de la subbase granular se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el proyecto o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente

durante las horas de luz solar.

### 3.13 Conservación

No se colocarán capas de base o superficie sobre la subbase hasta que esta haya sido aceptada por el Interventor. El Constructor mantendrá la totalidad de la capa en condición satisfactoria durante toda la colocación de las capas subsecuentes. Cuando el material haya estado expuesto a lluvia intensa el Constructor verificará que los materiales aun satisfacen los requerimientos de la especificación antes de colocar material adicional. Los equipos pueden circular sobre secciones terminadas de la capa de subbase siempre y cuando no dañen la capa y circulen sobre el ancho total de la capa terminada de subbase. Cualquier daño a la capa de subbase causado por el tráfico del equipo de construcción deberá ser reparado por el Constructor a su costa.

Cuando se coloque geotextil, todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la extensión y compactación del material de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor, sin costo alguno para la Entidad.

### 3.14 Manejo ambiental

Todas las labores para la fabricación de la subbase granular se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. En adición a lo estipulado en el Artículo 106, “Aspectos Ambientales”, de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- El Interventor sólo aceptará el uso de las fuentes de materiales después de que el Constructor presente la correspondiente licencia ambiental de explotación.
- Las instalaciones de trituración y clasificación de agregados no podrán estar localizadas en áreas de preservación ambiental.
- La explotación de las fuentes deberá ser cuidadosamente planeada para minimizar los daños inevitables y posibilitar la recuperación ambiental una vez culminada la explotación.
- Se deberán construir las piscinas de sedimentación que fuesen necesarias, con el fin de retener las partículas finas sobrantes, evitando su transporte hacia cursos o láminas de agua.
- Si la fuente es una cantera, no se permitirá el desmonte mediante quema y todo material de descapote deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área explotada, reintegrándola al paisaje.
- Si los agregados son suministrados por terceros, el Constructor deberá entregar al Interventor la documentación que certifique la legalidad de la explotación y el cumplimiento de las disposiciones ambientales vigentes.
- Se deberá evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal del proyecto deberán mantenerse correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- Siempre que se usen estabilizantes, su manejo y aplicación se realizarán con las precauciones que exijan las autoridades ambientales, según el tipo de producto utilizado.

## 4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

### 4.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad exigidos en esta especificación.
- Verificar que la subrasante o la capa de apoyo estén preparadas adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y cotas señaladas en los planos o las ordenadas por el Interventor, antes de autorizar la colocación del geotextil.
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geosintéticos contra cualquier tipo de deterioro.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la fase de experimentación.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante, la colocación del geotextil y la construcción de las capas de material de cobertura.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.
- Verificar la densidad seca de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella sea necesaria. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construido de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura. Los ensayos de control relacionados con el geotextil, se deberán hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759.
- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Velar por el cumplimiento de todas las disposiciones relacionadas con el manejo ambiental.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

### 4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados estarán a cargo del Interventor.

El laboratorio empleado para el control de calidad deberá contar con personal capacitado y equipos debidamente calibrados. Los certificados de vigencia de los equipos empleados en el control de calidad no deberán tener una vigencia superior a un año.

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se deberá redondear “a la unidad más cercana” en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación, en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823-13.

Las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

## 4.2.1 Calidad de los agregados

### 4.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en el numeral 2.1 de esta especificación. El Constructor tomará muestras siguiendo el método INV E-201-13 para evaluar los requisitos iniciales y la granulometría de los materiales de subbase granular.

El Constructor deberá remitir los resultados de los ensayos a la Interventoría evidenciando que el agregado cumple los requerimientos para los materiales de esta sección. Los ensayos deberán ser representativos del material empleado en el proyecto. Los resultados de estos ensayos deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicho numeral, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

Durante esta etapa, el Interventor deberá comprobar, además, que el material del descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

### 4.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Asimismo, se ordenará que se acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le realizarán controles con la frecuencia que se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 7. Verificaciones Periódicas de la Calidad del Material de Subbase Granular**

Ensayo sobre el material	Método	Frecuencia
Granulometría	INV E-213-13 INV E-214-13	Una (1) vez por jornada
Resistencia a la degradación	INV E-218-13	Una (1) vez por mes
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV E-220-13	Una (1) vez por mes
Límite líquido	INV E-125-13	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	INV E-125-13 INV E-126-13	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	INV E-133-13	Una (1) vez por semana
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	INV E-211-13	Una (1) vez por jornada
Ensayo modificado de compactación	INV E-142-13	Una (1) vez por semana
CBR	INV-E-148-13	Una (1) vez por mes

Las muestras se tomarán del material in-situ, sin compactar y en puntos de muestreo seleccionados aleatoriamente de acuerdo con el método INV E-730-13. El muestreo será de acuerdo con el método INV E-201-13.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se realizarán sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en el numeral 2.1 y adoptar los correctivos que sean

necesarios. No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 2.1.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

#### 4.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deberán sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se tomarán muestras representativas del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se someterán a los ensayos que se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 8. Ensayos para Verificar la Conservación de las Propiedades de los Agregados**

Ensayo sobre el material	Método
Granulometría	INV E-213-13 INV E-214-13
Límite líquido	INV E-125-13
Índice de plasticidad	INV E-125-13 INV E-126-13
Equivalente de arena	INV E-133-13

Los resultados de estos ensayos deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 2.1. Si no las cumplen, se suspenderá inmediatamente el empleo del material y se delimitará el área donde se haya utilizado, la cual deberá ser demolida y reconstruida por el Constructor, sin costo adicional para el proyecto, empleando un material de subbase granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en este numeral.

#### 4.2.2 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas los requisitos establecidos en la Tabla 4 y la Tabla 5 del presente Ítem, o los se establezcan en los documentos técnicos del proyecto, según los que prevalezcan. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el Interventor deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m<sup>2</sup>) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m<sup>2</sup>).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se determinará de conformidad con las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que se les

realicen las pruebas especificadas en la Tabla 4 y la Tabla 5 del presente Ítem.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 4 y la Tabla 5 del presente Ítem, o los que se establezcan en los documentos técnicos del proyecto, según los que prevalezcan. No se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

### **4.2.3 Calidad del producto terminado**

Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el proyecto, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

#### *4.2.3.1 Terminado*

La capa de subbase granular terminada deberá presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones. Si el Interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, delimitará el área afectada y el Constructor deberá escarificarla en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, mezclará y compactará de nuevo hasta que tanto el área delimitada como las adyacentes cumplan todos los requisitos exigidos en la presente especificación.

La capa de subbase granular terminada se deberá ajustar a las rasantes y a las pendientes establecidas en los documentos del proyecto, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor. Los niveles y pendientes de la corona deberán medirse en una cuadrícula de 15 metros y no podrán exceder de +0.0 mm y -15.0 mm. de los niveles especificados en el proyecto.

Si se detectan zonas con un nivel inferior a la tolerancia indicada, ellas se deberán escarificar en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), para enseguida agregar material de subbase, humedecer, mezclar, recompactar y terminar la superficie hasta lograr la densidad seca y las cotas exigidas por la presente especificación. No se aceptará la alternativa de compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior.

Las áreas que presenten un nivel superior a la tolerancia especificada deberán rebajarse, humedecerse, compactarse y terminarse nuevamente, hasta cumplir con las cotas y el espesor establecido en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

#### *4.2.3.2 Compactación*

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Mil metros cuadrados (1,000 m<sup>2</sup>) de subbase granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730-13 "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por cada doscientos metros cuadrados (200 m<sup>2</sup>). Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de subbase granular, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

a. Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x.}} \times 100 \quad [154.1]$$

b. Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,m\acute{a}x.}} \times 100 \quad [154.2]$$

Donde:

$GC_i$  : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$ : Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161-13 y E-162-13, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,m\acute{a}x.}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142-13 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,m\acute{a}x.}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142-13 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143-13, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142-13).

El peso unitario seco máximo corregido del material ( $C\gamma_{d,m\acute{a}x.}$ ) que se use para calcular el grado de compactación individual ( $GC_i$ ) se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (PFG) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$$GC_i(90) \geq 100\% \quad \text{se acepta el lote} \quad [154.3]$$

$$GC_i(90) < 100\% \quad \text{se rechaza el lote} \quad [154.4]$$

Donde:

$GC_i(90)$ : Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia a partir de los valores individuales del grado de compactación  $GC_i$ .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán escarificarse, homogenizarse, llevarse a la humedad adecuada y compactarse nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado. La densidad máxima se refiere a la densidad seca máxima con la humedad óptima.

#### 4.2.3.3 *Espesor*

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada ( $e_m$ ), el cual no podrá ser inferior al de diseño ( $e_d$ ).

$$e_m \geq e_d \quad [154.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual ( $e_i$ ) deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño ( $e_d$ ), admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 \cdot e_d \quad [154.6]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, el Constructor deberá escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características y recomprimir y terminar la capa conforme lo exige la presente especificación.

El Constructor deberá reemplazar, a su costa, el material de subbase en los puntos donde se hicieron las medidas de espesor.

#### 4.2.3.4 *Planicidad*

Se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793-13 método B (regla rodante), en todos los sitios que el Interventor considere conveniente.

La regla se colocará tanto paralela como normalmente al eje de la pista, calle de rodaje o plataforma, y no se admitirán variaciones superiores a nueve milímetros (9 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. La regla se debe mover continuamente hacia adelante, a la mitad de su longitud, hasta evaluar la longitud total de cada línea en una cuadrícula de 15 metros.

Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia será delimitada por el Interventor, y el Constructor deberá corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en la presente especificación.

#### 4.2.3.5 *Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor*

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de subbase granular por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del Contrato.

#### 4.2.3.6 Geotextiles

El geotextil colocado deberá presentar una superficie uniforme, sin arrugas ni dobleces. Se deberá verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del geotextil no sea inferior a la señalada en los planos o la definida por Interventor.
- Los traslajos y las costuras cumplan los requisitos establecidos en este Ítem.

### 4.3 Prueba de tráfico

Sobre las capas de separación construidas con Subbase Granular Tipo B y subyacentes a capas de drenaje se realizará una prueba de tráfico cuyo costo hace parte de este Ítem.

La prueba de tráfico se hará con un compactador de llantas que aplique una fuerza mínima por llanta de 89 kN con una presión de inflado de por lo menos 620 kPa. Se aplicará un mínimo de seis (6) coberturas, donde una cobertura es la aplicación de una huella de una llanta sobre cada punto de la superficie del área designada para evaluación.

Durante la prueba de tráfico se deberá monitorear el comportamiento de la capa de separación para detectar cualquier signo de movimiento excesivo (mayor que 13 milímetros) o bombeo que indiquen zonas débiles en la capa de separación. Todas las áreas que presenten evidencia de debilidad serán removidas y reemplazadas con material estable a costa del Constructor. Sobre estas áreas se repetirá la prueba de tráfico hasta que sus resultados sean satisfactorios.

## 5 MÉTODO DE MEDIDA

La medición se efectuará aplicando los procedimientos y unidades de medida que se indican a continuación. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida en esta especificación, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

La unidad de medida de la Subbase Granular será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al entero, de material o mezcla suministrado, colocado y compactado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo que exige la presente especificación. El volumen se determinará utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de trabajo, y las secciones transversales establecidas en los planos del proyecto, previa verificación de que su anchura y espesor se encuentren conformes con dichos planos y dentro de las tolerancias permitidas en la presente especificación.

No se medirán cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones de la subrasante por el Constructor. Los materiales de subbase no se incluirán en las cantidades de ninguna otra excavación.

La unidad de medida del Geotextil será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al entero, de geotextil colocado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites, ni se considerarán, para efecto del pago, los traslajos.

## 6 BASE DE PAGO

El pago por la construcción de subbase granular se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del Contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, eventual lavado, transportes, almacenamiento, clasificación, desperdicios, cargues, descargues, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados; y los de extracción, bombeo, transporte y distribución del agua requerida.

Además, deberá incluir los costos de la fase de experimentación cuando ella se encuentre incluida dentro de la respectiva especificación; de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del Constructor, así como de la señalización preventiva de la vía y del control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106, “Aspectos Ambientales”, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos que requiera, todos los costos que implican su adquisición, incluidos los accesorios requeridos para su empleo, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio e instante de utilización. También, en todos los casos, el precio unitario incluirá el costo de la operación de voladura.

La preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, salvo que dicho ítem no forme parte del mismo Contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

El pago por la colocación de geotextil se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir el suministro, almacenamiento y transporte del geotextil; la colocación del geotextil; los traslapes y costuras; los desperdicios; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El material de cobertura con subbase granular se pagará de acuerdo con lo establecido en este Ítem.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

El pago se hará bajo el ítem:

Ítem P-154.6-1. Capa de Subbase Granular Tipo A por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem P-154.6-2. Capa de Subbase Granular Tipo B por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem P-154.6-3. Geotextil para estabilización de subrasante por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

**\*\* Fin del Ítem P-154 Capa de Subbase \*\***

# Ítem P-209 Capa de Base Granular Triturada

## 1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor.

El Ítem P-209 puede emplearse como base en pavimentos flexibles y rígidos de acuerdo con los lineamientos del documento AC150/5320-6 de la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos.

## 2 MATERIALES

### 2.1 Base granular triturada

El material de la base granular triturada consistirá en partículas limpias, duras y durables de roca o grava triturada, y deberá estar libre de películas de arcilla, limo, materia orgánica, terrones de arcilla u otros materiales deletéreos o contaminantes. El método empleado en la producción de la grava triturada deberá generar partículas fracturadas en el producto final tan consistentes y uniformes como sea posible. La proporción de agregado fino, definida como la porción que pasa el tamiz No. 4 (4.75 mm), deberá consistir en finos provenientes de la operación de trituración del agregado grueso. El agregado fino deberá producirse mediante la trituración de roca o grava que satisfaga los requerimientos de desgaste y sanidad del agregado grueso.

Los requerimientos para el material de base granular se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Requerimientos para el Material de Base Granular Triturada**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
<b>Agregado grueso</b>		
Resistencia a la degradación	Pérdida: 35% máximo	INV E-218-13
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	Pérdida luego de cinco ciclos: 12% máximo empleando sulfato de sodio o 18% máximo empleando sulfato de magnesio	INV E-220-13
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	2% máximo	INV E-211-13
Porcentaje de partículas fracturadas	Mínimo 90% en peso de partículas con al menos dos caras fracturadas y 98% con al menos una cara fracturada <sup>(1)</sup>	INV E-227-13
Partículas aplanadas, partículas alargadas, o partículas aplanadas y alargadas	10% máximo, por peso, de partículas aplanadas, alargadas, o aplanadas y alargadas <sup>2</sup>	INV E-240-13
<b>Agregado fino</b>		
Límite líquido	Menor o igual que 25	INV E-125-13

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Índice de plasticidad	NP	INV E-126-13
Equivalente de arena	Mayor o igual que 35	INV E-133-13
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	2% máximo	INV E-211-13
<b>Material combinado</b>		
CBR (%): Porcentaje asociado con el valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión.	95% mínimo	INV E-148-13

- (1) El área de cada cara deberá ser igual o mayor que el 75% de la sección media de menor tamaño del agregado. Cuando dos caras fracturadas sean contiguas, el ángulo entre los planos de las fracturas deberá ser por lo menos de 30° para que se puedan considerar como dos caras fracturadas.
- (2) Una partícula aplanada es la que tiene una relación entre el ancho y el espesor mayor que cinco (5); una partícula alargada es la que tiene una relación entre la longitud y el ancho mayor que cinco (5).

## 2.2 Requerimientos de gradación

La granulometría del material de base granular deberá satisfacer los requerimientos de gradación dados en la siguiente tabla y evaluados con los métodos INV E-213-13 e INV E-214-13.

**Tabla 2. Requerimientos de Granulometría para Base Granular**

Designación del tamiz	Porcentaje en peso que pasa el tamiz	Tolerancias para la banda de la fórmula de trabajo (porcentaje) <sup>(1)</sup>
2 pulgada (75 mm)	100	0
1 ½ pulgadas (37.5 mm)	95 – 100	±5
1 pulgada (25 mm)	70 – 95	±8
¾ pulgada (19.0 mm)	55 – 85	±8
No. 4 (4.75 mm)	30 – 60	±8
No. 40 (425 µm)	10 – 30	±5
No. 200 (75 µm)	0 – 8 <sup>(2)</sup>	±3

- (1) Las “Tolerancias para la banda de la fórmula de trabajo” se aplicarán a la granulometría definitiva adoptada por el Constructor y aprobada por el Interventor con el fin de establecer la banda de control de calidad del proyecto.
- (2) El límite superior de 8% para el material que pasa el tamiz de 0.075 mm (No. 200) es necesario para preservar la función de la capa drenante que se coloca bajo la capa de base granular en estructuras de pavimento flexible según el numeral G-3.4.2 del documento AC 150/5320-5D “Airport Drainage Manual” de la FAA.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el Constructor propondrá al Interventor una “Fórmula de Trabajo” a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la tabla anterior, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 425 µm (No. 40), no deberá exceder de  $\frac{2}{3}$  y el tamaño máximo nominal no deberá exceder de  $\frac{1}{3}$  del espesor de la capa compactada.

### **2.3 Geotextil de separación**

No empleado.

### **2.4 Geomalla**

No empleada.

## **3 MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN**

### **3.1 Generalidades**

La capa de base granular se colocará donde esté señalado por los planos o como lo indique el Interventor. El material será conformado y completamente compactado dentro de las tolerancias especificadas.

### **3.2 Equipo**

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cabal cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

Para la construcción de la base granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

### **3.3 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

#### **3.3.1 Aspectos generales**

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Constructor suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado, mezcla de fracciones para obtener una determinada granulometría y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Constructor no cumple con esos requerimientos, el Interventor exigirá los cambios que considere necesarios. Asimismo, el Interventor podrá en todo momento verificar la producción de materiales y exigir los cambios que considere necesarios para la buena ejecución de los trabajos contratados, cuando se detecte algún incumplimiento de los requisitos mencionados.

Todos los trabajos de clasificación de agregados, separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado y en especial la eventual mezcla de dos o más agregados para obtener una determinada gradación, se deberán efectuar en el sitio de explotación o elaboración y en ninguna circunstancia se permitirá ejecutarlos en la vía.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán conservarse para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Constructor remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

Los vehículos para transporte de agregados y mezclas deberán contar con dispositivos para depositar los materiales de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Cualquier contaminación que se presentare, deberá ser subsanada por el Constructor, a su costa, antes de proseguir el trabajo.

No habrá pago por separado para los transportes de materiales pétreos; por lo tanto, el precio unitario de la base granular triturada deberá cubrir, entre otros, los costos de adquisición, trituración, lavado, clasificación, transportes, cargue y descargue de los materiales pétreos. Tampoco habrá pago por separado por el transporte de los suelos y agregados destinados a la construcción de la base granular triturada.

### **3.3.2 Equipo para la elaboración de los agregados triturados**

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria, una secundaria y una terciaria siempre que ésta última se requiera; deberá incluir también una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

## **3.4 Preparación de la superficie existente**

El Interventor sólo autorizará la colocación de material de base granular cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos o definidas por él, con las tolerancias establecidas. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje del pavimento.

La capa subyacente de subrasante y/o subbase granular deberá ser verificada y aceptada por el Interventor antes de comenzar las operaciones de extendido y compactación de la capa de base. Si el Constructor no garantiza el drenaje o la protección adecuadas de la subrasante y/o la subbase, el Interventor podrá requerir la repetición de la “Prueba de Tráfico” sobre la subrasante o su realización sobre la subbase, a costa del Constructor, y de acuerdo con el Ítem P-152. Antes de extender la capa de base granular se deberá corregir cualquier huella, fallo, o zona blanda debida a condiciones inadecuadas de drenaje, al transporte de materiales sobre la capa, o a cualquier otra causa. Para asegurar un adecuado drenaje, el extendido de la capa deberá comenzar a lo largo del eje del pavimento en las secciones con bombeo o en la parte más alta del mismo en las secciones con pendiente transversal en una sola dirección.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en esta especificación, el Constructor hará las correcciones necesarias a su costa, a satisfacción del Interventor.

## **3.5 Fase experimentación**

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de los materiales, de manera que se cumplan los requisitos de esta especificación.

Para tal efecto, se construirán una o varias secciones de ancho y longitud definidos de acuerdo con el Interventor y en ellas se probarán el equipo y el plan de preparación, extensión y compactación.

El Interventor tomará muestras de la capa construida y las ensayará para determinar su conformidad con las condiciones especificadas de granulometría, densidad seca y demás requisitos.

En el caso de que los ensayos indicaren que la base granular no se ajusta a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta que ellos resulten satisfactorios para el Interventor. Sólo cuando estas correcciones se hagan a satisfacción del Interventor, se autorizará la construcción de la capa a escala industrial.

### **3.5.1 Franja de control**

La primera media jornada de construcción de la base granular se considerará como la franja de control para que el Constructor demuestre, en presencia del Interventor, que los materiales, equipos y procesos de construcción cumplen los requerimientos de esta especificación. Se determinará la secuencia y proceso de compactación necesarios para obtener los requerimientos especificados de densidad. El máximo espesor compactado puede incrementarse hasta 200 milímetros si el Constructor demuestra que los equipos y operaciones aprobadas compactarán uniformemente la capa a la densidad especificada. El Interventor debe presenciar esta demostración y aprobar el espesor de extendido antes de la producción general.

Las franjas de control que no satisfagan los requerimientos de la especificación deberán reconstruirse, recompactarse, o removerse y sustituirse a costa del Constructor. Las operaciones generales no comenzarán hasta que la franja de control haya sido aceptada por el Interventor. El Constructor empleará los mismos equipos, materiales y métodos para el resto de la construcción, a menos que el Constructor haga ajustes que deberán ser aprobados antes de los trabajos por el Interventor.

## **3.6 Transporte y almacenamiento del material**

### **3.6.1 Transporte de materiales**

Todo transporte de materiales sobre las vías públicas se deberá realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deberán cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte, así como las normas sobre protección ambiental, expedidas por la entidad que tenga la jurisdicción respectiva.

Los vehículos deberán contar con dispositivos para depositar los materiales de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Cualquier contaminación que se presentare, deberá ser subsanada por el Constructor, sin cargo para el proyecto, antes de proseguir el trabajo.

En aquellos casos en que el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el Constructor deberá construir los desvíos necesarios.

### **3.6.2 Acopio de los agregados**

Los agregados se deberán acopiar en cobertizos o cubriéndolos con plásticos, de manera que no sufran daños o transformaciones perjudiciales. Cada agregado diferente se deberá acopiar por separado, para evitar cambios en su granulometría original. Los últimos quince centímetros (15 cm) de cada acopio que se encuentren en contacto con la superficie natural del terreno no deberán utilizarse, a menos que se hayan colocado sobre ésta lonas que prevengan la contaminación del material de acopio o que la superficie tenga pavimento asfáltico o rígido.

## **3.7 Extensión y conformación del material**

El material será colocado y extendido sobre la capa subyacente preparada mediante esparcidores u otros

dispositivos aprobados por el Interventor que permitan lograr una capa de espesor y ancho uniformes. El equipo contará con controles positivos de espesor para minimizar la necesidad de manipulación adicional del material. No se permitirá la descarga con vehículos que requieran la manipulación adicional del material. No se permitirá el acarreo de materiales sobre la capa de base granular sin compactar.

El material se deberá disponer en un cordón de sección uniforme donde el Interventor verificará su homogeneidad. Si la capa de base granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, éstos se deberán mezclar en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área del proyecto no está permitida. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Éste, después de humedecido o aireado, se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

El material debe satisfacer los requerimientos de granulometría y humedad antes de la compactación. La capa de base granular se construirá en capas de no menos de 100 milímetros y no más de 200 milímetros de espesor compacto, y tal como se estableció en la franja de control. Si el espesor de base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

Cuando se requiera más de una capa para construir el espesor definido en los planos y demás documentos del proyecto se aplicará el procedimiento de construcción descrito a cada capa. El Constructor volverá a construir, compactar y ensayar a su costa cualquier material colocado que no satisfaga las especificaciones.

En aplicaciones en áreas reducidas, el Constructor propondrá al Interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y la calidad de la capa.

### **3.8 Compactación**

Una vez que el material extendido de la base granular tenga la humedad apropiada, se conformará ajustándose a los alineamientos y secciones típicas del proyecto y se compactará con el equipo aprobado por el Interventor, hasta alcanzar el 100% de la densidad máxima, tal como se especifica en el numeral 4.2.2.2. La compactación de cada capa de base granular se hará de forma inmediata, y como fue especificada, una vez concluyan las operaciones de extendido y con los equipos aprobados para la compactación. El número, tipo y peso de los compactadores deberá ser suficiente para compactar el material a la densidad requerida durante el mismo día en que el agregado se extendió sobre la capa subyacente.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en tal forma que la densidad seca que se alcance no sea inferior a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

### **3.9 Apertura al tránsito**

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la

compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Constructor deberá responder por los daños producidos por esta causa, debiendo proceder a la reparación de estos con arreglo a las indicaciones del Interventor.

### 3.10 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de ninguna capa de material de base granular mientras no se haya realizado la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se podrá ejecutar la base granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra. No se colocará material a menos que la temperatura ambiente sea mayor de cuatro grados Celsius (4°C).

Los trabajos de construcción de la base granular se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el proyecto o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

### 3.11 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de base granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el Interventor, hasta el momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior. Si el material ha estado expuesto a una lluvia excesiva, el Constructor deberá verificar que este aún satisface los requerimientos de la especificación antes de continuar con el extendido de material adicional. Los equipos podrán transitar sobre secciones terminadas de la capa de base, siempre y cuando no generen daños y circulen sobre el ancho total de la capa terminada. Cualquier daño a la capa de base por la operación de equipos sobre la misma deberá ser reparada por el Constructor a su costa.

### 3.12 Manejo ambiental

Todas las labores para la fabricación de la base granular triturada se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. En adición a lo estipulado en el Artículo 106, “*Aspectos Ambientales*”, de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- El Interventor sólo aceptará el uso de las fuentes de materiales después de que el Constructor presente la correspondiente licencia ambiental de explotación.
- Las instalaciones de trituración y clasificación de agregados no podrán estar localizadas en áreas de preservación ambiental.
- La explotación de las fuentes deberá ser cuidadosamente planeada para minimizar los daños inevitables y posibilitar la recuperación ambiental una vez culminada la explotación.
- Se deberán construir las piscinas de sedimentación que fuesen necesarias, con el fin de retener las partículas finas sobrantes, evitando su transporte hacia cursos o láminas de agua.
- Si la fuente es una cantera, no se permitirá el desmonte mediante quema y todo material de descapote deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área explotada, reintegrándola al paisaje.
- Si los agregados son suministrados por terceros, el Constructor deberá entregar al Interventor la documentación que certifique la legalidad de la explotación y el cumplimiento de las disposiciones ambientales vigentes.

- Se deberá evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal del proyecto deberán mantenerse correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- Siempre que se usen estabilizantes, su manejo y aplicación se realizarán con las precauciones que exijan las autoridades ambientales, según el tipo de producto utilizado.

## **4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

### **4.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad exigidos en esta especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la fase de experimentación.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.
- Verificar la densidad seca de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella sea necesaria. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construido de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.
- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Velar por el cumplimiento de todas las disposiciones relacionadas con el manejo ambiental.

El Interventor medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

### **4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados estarán a cargo del Interventor.

El laboratorio empleado para el control de calidad deberá contar con personal capacitado y equipos debidamente calibrados. Los certificados de vigencia de los equipos empleados en el control de calidad no deberán tener una vigencia superior a un año.

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se deberá redondear “a la unidad más cercana” en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación, en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823-13.

Las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

#### **4.2.1 Calidad de los agregados**

##### *4.2.1.1 Control de procedencia*

De cada fuente de agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en el numeral 2 de esta especificación. Los resultados de

ellos deberán satisfacer las exigencias indicadas en dicho numeral, so pena del rechazo de los materiales deficientes.

Durante esta etapa, el Interventor deberá comprobar, además, que el material del descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

#### 4.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Asimismo, se ordenará que se acopien por aparte aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le realizarán controles con la frecuencia que se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Verificaciones Periódicas de la Calidad del Material de Base Granular**

Ensayo sobre el material	Método	Frecuencia
Granulometría	INV E-213-13 INV E-214-13	Una (1) vez por jornada
Resistencia a la degradación	INV E-218-13	Una (1) vez por mes
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV E-220-13	Una (1) vez por mes
Porcentaje de partículas fracturadas	INV E-227-13	Una (1) vez por semana
Partículas aplanadas, partículas alargadas, o partículas aplanadas y alargadas	INV E-240-13	Una (1) vez por semana
Límite líquido	INV E-125-13	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	INV E-125-13 INV E-126-13	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	INV E-133-13	Una (1) vez por semana
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	INV E-211-13	Una (1) vez por jornada
Ensayo modificado de compactación	INV E-142-13	Una (1) vez por semana
CBR	INV-E-148-13	Una (1) vez por mes

Las muestras se tomarán del material in-situ, sin compactar y en puntos de muestreo seleccionados aleatoriamente de acuerdo con el método INV E-730-13. El muestreo será de acuerdo con el método INV E-201-13.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se realizarán sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en el numeral 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

#### 4.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deberán sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se tomarán muestras representativas del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se someterán a los ensayos que se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Ensayos para Verificar la Conservación de las Propiedades de los Agregados**

Ensayo sobre el material	Método
Granulometría	INV E-213-13 INV E-214-13
Límite líquido	INV E-125-13
Índice de plasticidad	INV E-125-13 INV E-126-13
Equivalente de arena	INV E-133-13

Los resultados de estos ensayos deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 2. Si no las cumplen, se suspenderá inmediatamente el empleo del material y se delimitará el área donde se haya utilizado, la cual deberá ser demolida y reconstruida por el Constructor, sin costo adicional para el proyecto, empleando un material de base granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en este numeral.

#### 4.2.2 Calidad del producto terminado

Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias, éstas deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el proyecto, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

##### 4.2.2.1 Terminado

La capa de base granular terminada deberá presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones; al ser barrida, la superficie deberá presentar una alta consolidación, con el agregado grueso expuesto y firmemente confinado por la matriz de agregado más fino. La matriz de agregado fino no deberá desplazarse bajo la acción del barrido o del tránsito normal.

Si el Interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, delimitará el área afectada y el Constructor deberá escarificarla en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, mezclará y compactará de nuevo hasta que tanto el área delimitada como las adyacentes cumplan todos los requisitos exigidos en esta especificación.

La capa de base granular terminada se deberá ajustar a las rasantes y a las pendientes establecidas en los documentos del proyecto, sin que existan zonas donde se retenga el agua superficial. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor. Los niveles y pendientes de la corona deberán medirse en una cuadrícula de 15 metros y no podrán exceder de +0.0 mm y -12.0 mm. de los niveles especificados en el proyecto.

Si se detectan zonas con un nivel inferior a la tolerancia indicada, ellas se deberán escarificar en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), para enseguida agregar material de base, humedecer, mezclar, recompactar y terminar la superficie hasta lograr la densidad seca y las cotas exigidas por la presente especificación. No se aceptará la alternativa de compensar la merma con el espesor adicional necesario de la capa superior.

Las áreas que presenten un nivel superior a la tolerancia especificada deberán rebajarse, humedecerse, compactarse y terminarse nuevamente, hasta cumplir con las cotas y el espesor establecido en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

#### 4.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Mil metros cuadrados (1,000 m<sup>2</sup>) de base granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730-13 "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por cada doscientos metros cuadrados (200 m<sup>2</sup>). Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de base granular, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

a. Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x.}} \times 100 \quad [209.1]$$

b. Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,m\acute{a}x.}} \times 100 \quad [209.2]$$

Donde:

$GC_i$  : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$ : Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161-13 y E-162-13, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,m\acute{a}x.}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142-13 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,m\acute{a}x.}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142-13 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143-13, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (PFG): Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142-13).

El peso unitario seco máximo corregido del material ( $C\gamma_{d,máx.}$ ) que se use para calcular el grado de compactación individual ( $GC_i$ ) se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (PFG) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$$GC_i(90) \geq 100\% \quad \text{se acepta el lote} \quad [209.3]$$

$$GC_i(90) < 100\% \quad \text{se rechaza el lote} \quad [209.4]$$

Donde:

$GC_i(90)$ : Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, “Control y aceptación de los trabajos”, de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia a partir de los valores individuales del grado de compactación  $GC_i$ .

Ningún valor individual del grado de compactación ( $GC_i$ ) será menor que 98%.

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación deberán escarificarse, homogenizarse, llevarse a la humedad adecuada y compactarse nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado. La densidad máxima se refiere a la densidad seca máxima con la humedad óptima.

#### 4.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada ( $e_m$ ), el cual no podrá ser inferior al de diseño ( $e_d$ ).

$$e_m \geq e_d \quad [209.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual ( $e_i$ ) deberá ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño ( $e_d$ ), admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 \cdot e_d \quad [209.6]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, el Constructor deberá escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características y recompactar y terminar la capa conforme lo exige la presente especificación.

El Constructor deberá reemplazar, a su costa, el material de base granular en los puntos donde se hicieron las medidas de espesor.

#### 4.2.2.4 Planicidad

Se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de doce pies (12 pies – 365.76 cm) según el método ASTM E1703, en todos los sitios que el Interventor considere conveniente.

La regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la pista, calle de rodaje o plataforma, y no se admitirán variaciones superiores a tres octavos de pulgada ( $\frac{3}{8}$ " – 9 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. La regla se debe mover continuamente hacia adelante, a la mitad de su longitud, hasta evaluar la longitud total de cada línea en una cuadrícula de 15 metros.

Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia será delimitada por el Interventor, y el Constructor deberá corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en la presente especificación.

#### 4.2.2.5 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base granular por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

## 5 MÉTODO DE MEDIDA

La medición se efectuará aplicando los procedimientos y unidades de medida que se indican a continuación. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida en esta especificación, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al entero, de material o mezcla suministrado, colocado y compactado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo que exige la presente especificación. El volumen se determinará utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de trabajo, y las secciones transversales establecidas en los planos del proyecto, previa verificación de que su anchura y espesor se encuentren conformes con dichos planos y dentro de las tolerancias permitidas en la presente especificación.

No se medirán cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones de la subrasante por el Constructor. Los materiales de base granular no se incluirán en las cantidades de ninguna otra excavación.

## 6 BASE DE PAGO

El pago por la construcción de base granular triturada se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del Contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, eventual lavado,

transportes, almacenamiento, clasificación, desperdicios, cargues, descargues, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados; y los de extracción, bombeo, transporte y distribución del agua requerida.

Además, deberá incluir los costos de la fase de experimentación cuando ella se encuentre incluida dentro de la respectiva especificación; de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del Constructor, así como de la señalización preventiva de la vía y del control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106, “*Aspectos Ambientales*”, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos que requiera, todos los costos que implican su adquisición, incluidos los accesorios requeridos para su empleo, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio e instante de utilización. También, en todos los casos, el precio unitario incluirá el costo de la operación de voladura.

La preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, salvo que dicho ítem no forme parte del mismo Contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

El pago se hará bajo el ítem:

Ítem P-209.6-1. Capa de base granular triturada por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

**\*\* Fin del Ítem P-209 Capa de Base Granular Triturada \*\***

# Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación

## 1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación, de una o más capas de mezcla asfáltica de gradación continua, preparada en una planta central y colocada en caliente (concreto asfáltico) sobre una base preparada o una capa estabilizada, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor. Cada capa será construida con el espesor, sección típica y cotas requeridas por los planos y deberá compactarse, terminarse y aprobarse antes de la colocación de la siguiente capa.

La Tabla 1 presenta la denominación de las capas asfálticas en función de su posición dentro de la estructura. Los documentos del proyecto establecerán los tipos y calidades de las capas asfálticas que componen la estructura. El presente Ítem no incluye las mezclas de reciclado en planta y en caliente de pavimento asfáltico.

**Tabla 1. Denominación de las Capas Asfálticas en Caliente de Gradación Continua**

Tipo de capa	Descripción
Rodadura	Capa superior
Intermedia	Capa subyacente a la rodadura en estructuras con dos o más capas asfálticas
Base	Capa o capas subyacentes a la intermedia en estructuras con tres o más capas asfálticas
Nivelación	Capa de espesor variable colocada para corregir las irregularidades de la superficie antes de la colocación de capas posteriores

## 2 MATERIALES

### 2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

#### 2.1.1 Requisitos generales

##### 2.1.1.1 Denominación

La Tabla 2 muestra la denominación del agregado según su tamaño para el objeto de esta especificación.

**Tabla 2. Denominación de los Agregados de los Materiales**

Denominación	Descripción
Agregado grueso	Porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4)
Agregado fino	Porción del agregado comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 $\mu$ m (No. 4 y No. 200)
Llenante mineral	Porción que pasa el tamiz de 75 $\mu$ m (No. 200).
- Llenante mineral de aporte	- Fracción del llenante que se incorpora a la mezcla por separado.

##### 2.1.1.2 Aspectos generales

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o

contaminar corrientes de agua. Los agregados no deberán tener una historia conocida de pigmentación dañina del pavimento debida a la presencia de sulfuros de hierro, tal como la pirita.

El Constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en esta especificación.

Los agregados pétreos deberán poseer una naturaleza tal que, al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adhesividad satisfactoria, de acuerdo con las exigencias establecidas en esta especificación.

### 2.1.2 Agregado grueso

El agregado grueso deberá proceder de la trituración y clasificación de roca y/o grava; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto. Los agregados pétreos del agregado grueso deberán cumplir los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 3.

**Tabla 3. Requisitos del Agregado Grueso para Mezclas Asfálticas en Caliente de Gradación Continua**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Resistencia a la degradación	Pérdida: 25% máximo	INV E-218-13
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	Pérdida luego de cinco ciclos: 12% máximo empleando sulfato de sodio o 18% máximo empleando sulfato de magnesio	INV E-220-13
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	0.3% máximo	INV E-211-13
Impurezas en el agregado grueso	0.5% máximo	INV E-237-13
Porcentaje de partículas fracturadas	Para pavimentos diseñados para aeronaves con peso bruto mayor o igual que 27,200 kg: Mínimo 75% en peso de partículas con al menos dos caras fracturadas y 85% con al menos una cara fracturada <sup>(1)</sup>	INV E-227-13
	Para pavimentos diseñados para aeronaves con peso bruto menor que 27,200 kg: Mínimo 50% en peso de partículas con al menos dos caras fracturadas y 65% con al menos una cara fracturada <sup>(1)</sup>	
Partículas aplanadas, partículas alargadas, o partículas aplanadas y alargadas	8% máximo, por peso, de partículas aplanadas, alargadas, o aplanadas y alargadas <sup>(2)</sup>	INV E-240-13

(1) El área de cada cara deberá ser igual o mayor que el 75% de la sección media de menor tamaño del agregado. Cuando dos caras fracturadas sean contiguas, el ángulo entre los planos de las fracturas deberá ser por lo menos de 30° para que se puedan considerar como dos caras fracturadas.

(2) Una partícula aplanada es la que tiene una relación entre el ancho y el espesor mayor que cinco (5); una partícula alargada es la que tiene una relación entre la longitud y el ancho mayor que cinco (5).

### 2.1.3 Agregado fino

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última dentro del conjunto se encuentra definida en la Tabla 4. Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto.

Los requisitos para el material del agregado fino se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Requisitos del Agregado Fino para Mezclas Asfálticas en Caliente de Gradación Continua**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Límite líquido	25 máximo	INV E-125-13
Índice de plasticidad	NP	INV E-126-13
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	Pérdida luego de cinco ciclos: 10% máximo empleando sulfato de sodio o 15% máximo empleando sulfato de magnesio	INV E-220-13
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	0.3% máximo	INV E-211-13
Equivalente de arena	50% mínimo	INV E-133-13
Angularidad de la fracción fina, método A	45% mínimo	INV E-239-13
Arena natural	15% máximo por peso del agregado total	--

### 2.1.4 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico.

La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deberán cumplir lo mencionado en la Tabla 5.

**Tabla 5. Requisitos del Llenante Mineral para Mezclas Asfálticas en Caliente de Gradación Continua**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Proporción de llenante mineral de aporte en porcentaje en masa del llenante total	50% mínimo	--
Granulometría del llenante mineral de aporte - Porcentaje en masa que pasa el tamiz 1.18 mm (No. 16) - Porcentaje en masa que pasa el tamiz 600 µm (No. 30) - Porcentaje en masa que pasa el tamiz 300 µm (No. 50) - Porcentaje en masa que pasa el tamiz 75 µm (No. 200)	100% 97% a 100% 95% a 100% 70% a 100%	INV E-215-13
Densidad bulk	0.5 a 0.8 g/cm <sup>3</sup>	INV E-225-13
Vacíos del llenante seco compactado	Mínimo 38%	INV E-229-13
Índice de plasticidad	4 máximo <sup>(1)</sup>	INV E-125-13 INV E-126-13

(1) El requerimiento de índice de plasticidad no es apropiado para llenante de cal hidratada o cemento hidráulico.

### 2.1.5 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, deberá estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 6 de acuerdo con el tipo de capa. El análisis granulométrico se deberá efectuar de acuerdo con la norma INV E-213-13.

**Tabla 6. Franjas Granulométricas para Mezclas Asfálticas en Caliente de Gradación Continua**

Tamaño de tamiz	Porcentaje en peso que pasa el tamiz			Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo
	Capa de base	Capas de rodadura e intermedia	Capa de nivelación <sup>(2)</sup>	
1 pulgada (25.0 mm)	100	--	--	--
¾ pulgada (19.0 mm)	90 – 100	100	--	± 4%
½ pulgada (12.5 mm)	68 – 88	90 – 100	100	
⅜ pulgada (9.5 mm)	60 – 82	72 – 88	90 – 100	
No. 4 (4.75 mm)	45 – 67	53 – 73	58 – 78	
No. 8 (2.36 mm)	32 – 54	38 – 60	40 – 60	± 3%
No. 16 (1.18 mm)	22 – 44	26 – 48	28 – 48	
No. 30 (600 µm)	15 – 35	18 – 38	18 – 38	
No. 50 (300 µm)	9 – 25	11 – 27	11 – 27	
No. 100 (150 µm)	6 – 18	6 – 18	6 – 18	
No. 200 (75 µm)	3 – 6	3 – 6	3 – 6	± 2%
Vacíos en el Agregado Mineral (VAM), mínimo <sup>(1)</sup>	14.0	15.0	16.0	--
Porcentaje de asfalto por peso total de la mezcla con agregados de roca o grava	4.5 – 7.0	5.0 – 7.5	5.5 – 8.0	--
Espesor mínimo de construcción por capa recomendado	75 mm	50 mm	40 mm	--

(1) Para lograr los VAM mínimos durante la producción, el diseño de la mezcla debe tener en cuenta la rotura de material durante dicha producción.

(2) Esta granulometría solo se permite para capas de nivelación.

Para prevenir la segregación y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

El tipo de mezcla asfáltica en caliente por emplear dependerá del tipo y del espesor compacto de la capa asfáltica y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 6.

Las gradaciones presentadas en la Tabla 6 se basan en agregados con peso específico uniforme. Los porcentajes que pasan los diferentes tamices deberán corregirse cuando se empleen agregados con pesos específicos disímiles, tal como se indica en la séptima edición del Manual de Diseño de Mezclas MS-2 del Instituto del Asfalto.

### 2.1.6 Pavimentos asfáltico reciclado o recuperado (“RAP”)

No se empleará pavimento asfáltico reciclado o recuperado (“RAP”) en la elaboración de las mezclas asfálticas de esta especificación.

## 2.2 Material bituminoso

El ligante asfáltico deberá satisfacer el Artículo 410-13 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia del año 2013 para el Grado de Penetración 60-70.

### **Nota para discusión (eliminar de la especificación final):**

El empleo de asfalto clasificado mediante el método “ASTM D946 Penetration Grade” estuvo incluido en el documento AC 150/5370-10 hasta la versión 10F, vigente hasta 2014. En la actualidad, el documento 10H solo considera asfaltos clasificados por Grado de Desempeño (PG). Este método de clasificación no está disponible en Colombia. Aunque existen las instalaciones para hacer los ensayos de clasificación de los asfaltos colombianos, falta el modelo que relacione la temperatura ambiente, a partir de una base de datos de más de 10 años, con la temperatura del pavimento considerando el espesor del pavimento asfáltico.

## 2.3 Aditivos mejoradores de la adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 412 de las Especificaciones Generales de Construcción de carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia. Los aditivos por emplear deberán ser recomendados y suministrados por el Constructor y su dosificación y dispersión homogénea deberán tener la aprobación del Interventor.

El Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el proyecto, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

## 2.4 Aditivos para mejorar la reología

En caso de que el Constructor proponga la incorporación de productos modificadores de la reología de una mezcla en caliente elaborada con cemento asfáltico convencional deberá presentar los estudios técnicos que determinen su dosificación, así como la del ligante utilizado, de manera que el comportamiento de la mezcla sea semejante al que se obtendría al emplear un cemento asfáltico modificado con polímeros. Su uso deberá contar con la aprobación del Interventor.

# 3 EQUIPO

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad del presente Ítem.

## 3.1 Equipo para la elaboración de agregados triturados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria, una secundaria y una terciaria siempre que ésta última se requiera; deberá incluir también una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado.

## 3.2 Planta para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente

La mezcla de concreto asfáltico se fabricará en plantas de asfalto de secamiento continuo, con sistema de mezclado y entrega tipo continuo o discontinuo y con un sistema de dosificación de agregados en frío o en caliente capaz de

manejar simultáneamente el número de fracciones de agregado que exija la fórmula de trabajo adoptada, cumpliendo con las tolerancias especificadas en esta especificación correspondiente al tipo de mezcla que se vaya a elaborar.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de vertimientos y de calidad del aire; para su funcionamiento en la obra se deberá presentar previamente a la Entidad la autorización correspondiente o el permiso vigente de emisiones atmosféricas, expedido por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.

Para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente, se podrán usar plantas de los tipos y características indicados en la Tabla 7.

**Tabla 7. Tipos de Plantas para la Fabricación de Mezclas Asfálticas en Caliente**

<b>Tipo de planta</b>	<b>Requisitos</b>
De mezcla discontinua o de bachada	Numeral 3.2.2
De mezcla continua con tambor secador – mezclador	Numeral 3.2.3
De mezcla continua con mezclador de ejes paralelos	Numeral 3.2.4
De mezcla continua con mezclador de tambor	Numeral 3.2.4

### **3.2.1 Requisitos para todas las plantas**

El Interventor tendrá acceso, en todo momento, a todas las áreas de la planta para verificar la idoneidad del equipo; inspeccionar la operación de la planta; verificar los pesos, proporciones y propiedades de los materiales; y verificar las temperaturas empleadas en la preparación de las mezclas.

#### *3.2.1.1 Automatización*

La operación de la planta deberá ser totalmente automática. Se deberá disponer de un cuarto de control con condiciones de higiene y comodidad adecuadas para el personal de operación. Deberá tener un tablero o consola que reúna en un solo sitio toda la información sobre las temperaturas, tanto de los gases como de los diferentes insumos y materiales, sobre la operación de la planta y sobre los indicadores de los parámetros de producción de la mezcla y de la dosificación, tanto de los agregados pétreos como del ligante asfáltico y del aditivo, si se requiere su uso. Allí mismo se deberán encontrar los dispositivos para controlar el inicio y la terminación de las jornadas de producción de mezcla y de manejo de su dosificación. No se permitirá la operación de la planta cuya dosificación se realice sólo por la manipulación de dispositivos mecánicos.

#### *3.2.1.2 Calibración*

Todos los dispositivos de medida de la planta deben contar con un certificado de calibración vigente, con no más de un año de expedición.

#### *3.2.1.3 Capacidad de producción*

La capacidad mínima de producción de la planta estará señalada en el Pliego de Condiciones y ella dependerá de las características de la obra por ejecutar.

El Constructor deberá suministrar la certificación sobre la capacidad máxima de producción de la planta de asfalto dada por el fabricante; si la planta ha sido reformada, se deberá entregar la certificación de la planta reformada, expedida por un ingeniero con experiencia documentada en manejo de plantas de asfalto. La certificación deberá indicar las condiciones bajo las cuales se alcanza dicha capacidad máxima.

También, deberá suministrar una certificación sobre la capacidad del quemador del secador, proporcionada por el fabricante de este.

#### *3.2.1.4 Combustibles*

Los combustibles usados en la operación de la planta deberán cumplir con las exigencias sobre combustibles sólidos o líquidos establecidas en las Resoluciones del Ministerio del Medio Ambiente números 898 de 1995, 623 de 1998 y 068 de 2001, y sobre combustibles gaseosos en la Resolución de la Superintendencia Nacional de Industria y Comercio número 14471 de 2002, con énfasis en las Normas Técnicas NTC 2505, 3631, 3833 y 4282 y con supervisión de un organismo de inspección acreditado por el ONAC bajo la norma NTC ISO-17020. Queda entendido que, si alguna disposición de las recién citadas es reemplazada en el futuro por la entidad nacional competente para ello, se entenderá que los requisitos por cumplir serán los de la disposición actualizada.

En la operación de las plantas asfálticas en caliente se podrán emplear, también, los combustibles gaseosos provenientes de la síntesis de biomasa y/o de combustibles sólidos, bajo la supervisión de un ingeniero con experiencia en la materia y debidamente matriculado, quien deberá haber presentado previamente el proyecto y obtenido la aprobación expresa de la Entidad, y siempre y cuando el dispositivo usado y sus aditamentos no produzcan contaminaciones en las emisiones que sobrepasen los límites establecidos en las normas y en la combustión y/o manipulación de los insumos utilizados y de los residuos, escorias o cenizas que aparezcan, de acuerdo con los decretos 3930 y 4728 de 2010 (o los que los reemplacen en el futuro) y con la legislación complementaria sobre tratamiento de residuos sólidos y/o líquidos.

#### *3.2.1.5 Dispositivos para la toma de muestras*

La planta deberá poseer un dispositivo que permita la toma de muestras de agregados pétreos secos, antes de su mezcla con el ligante asfáltico, para verificar su limpieza, en especial de posibles residuos de combustión que afecten su adherencia. La producción de la mezcla se deberá detener si hay signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre una combustión incompleta o si se observa contaminación en los agregados o en la mezcla, y sólo se podrá reiniciar cuando, a juicio del Interventor, el problema quede satisfactoriamente resuelto.

#### *3.2.1.6 Tolvas para agregados en frío*

Las tolvas para agregados en frío deberán tener paredes resistentes y estancas, con bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y cuya separación sea efectiva para evitar que se mezclen los agregados de tolvas diferentes; el equipo de cargue deberá tener acceso directo e independiente a cada una de las tolvas.

El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregado que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero, en todo caso, no será inferior a tres (3) para las plantas discontinuas y/o de mezcla por fuera del tambor secador y cuatro (4) para las de tambor secador-mezclador, dos de las cuales se asignarán al agregado fino.

Las tolvas deberán estar provistas de dispositivos de dosificación a su salida, que puedan ser ajustados y mantenidos en cualquier posición.

Con el fin de evitar discontinuidad en el flujo de salida del agregado fino, debido a su humedad natural, se exigirá el uso de vibración, o cualquier otro método que se demuestre útil para tal fin

### 3.2.1.7 *Tambor secador*

La planta estará dotada de un tambor secador que permita el secado continuo y eficiente de los agregados y su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla, según el ligante asfáltico utilizado, extrayendo de ellos una proporción de polvo mineral tal, que su dosificación se ajuste a lo establecido en la fórmula de trabajo.

El quemador del secador deberá ser de marca reconocida y deberá contar con una certificación del fabricante donde se indiquen, además de su capacidad, los parámetros de alimentación requeridos, tanto de aire como de combustible, ya sea éste gaseoso, líquido o sólido, para que se cumplan las prestaciones informadas, incluyendo la limpieza de su combustión. La combustión, que deberá ser completa, deberá impedir la emisión de residuos que contaminen los agregados o la atmósfera.

### 3.2.1.8 *Sistemas para el control de emisiones y la recuperación de finos*

La planta deberá tener, como mínimo un sistema primario de recuperación de finos secos contenidos en los gases procedentes del secador.

La planta deberá estar dotada también, como mínimo, de un sistema secundario de control de emisiones, seco o húmedo, instalado en serie y a continuación del sistema primario de recuperación de finos, que recoja lo que éste ha permitido pasar y que sea lo suficientemente eficiente para impedir la emisión a la atmósfera de productos contaminantes y/o de partículas que sobrepasen los límites establecidos en la Resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial número 909 de 2008 y en los sitios y condiciones establecidas en las Resoluciones 2153 y 2154 de 2010 del mismo Ministerio y/o en las disposiciones legales que anulen, complementen, modifiquen y/o adicione dichas resoluciones.

### 3.2.1.9 *Depósitos de almacenamiento de cemento asfáltico*

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico antes de su aplicación se realizará en tanques adecuados para tal fin, los cuales tendrán los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del cemento asfáltico deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del cemento asfáltico del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

### 3.2.1.10 *Manejo del cemento asfáltico*

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del cemento asfáltico deberá poder permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo, de forma que se garantice que no se producen sobrecalentamientos localizados y que no se sobrepasan las temperaturas máximas admisibles de dicho producto. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc. deberán estar provistos de calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del ligante a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros,

especialmente en la boca de salida al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de dispositivos para tomar muestras y para comprobar la calibración del dosificador.

#### *3.2.1.11 Manejo del llenante mineral*

La planta deberá disponer de sistemas independientes para el almacenamiento y para la dosificación del llenante mineral recuperado y de aporte, los cuales deberán estar adecuadamente protegidos contra la humedad.

Así mismo, si se determinase que el llenante recuperado por el sistema primario de recuperación sobrepasa el máximo especificado en esta especificación, se deberá disponer de un sistema que permita el retiro dosificado del sobrante, de manera que dicha operación, además de conseguir su objetivo, no afecte la limpieza de operación de la planta.

#### *3.2.1.12 Manejo de aditivos*

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación de estos que tenga, como mínimo, la precisión del sistema de dosificación del ligantes asfáltico.

#### *3.2.1.13 Silo de almacenamiento*

Si la planta posee un silo para el almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte, así como que en las cuarenta y ocho (48) horas siguientes a la fabricación, la mezcla acopiada no haya perdido ninguna de sus características, en especial la homogeneidad del conjunto y las propiedades del ligante. El silo de almacenamiento deberá contar con una tolva de compensación u otro elemento de descarga en su parte superior, cuya ubicación y funcionamiento sean correctos, de manera que eviten la segregación de la mezcla que se va a almacenar.

La mezcla asfáltica almacenada en silos de almacenamiento deberá satisfacer los mismos requerimientos que la mezcla asfáltica que se carga directamente en los camiones. La mezcla asfáltica no se almacenará en silos de almacenamiento por periodos superiores a doce (12) horas. No se permitirá el almacenamiento temporal si el Interventor determina que hay una pérdida excesiva de calor, segregación u oxidación de la mezcla asfáltica debidas a dicho almacenamiento.

### **3.2.2 Requisitos específicos para las plantas de tipo discontinuo**

#### *3.2.2.1 Clasificación de agregados en caliente*

Las plantas de tipo discontinuo, o plantas de bachada, deberán estar dotadas de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres (3) y de tolvas de almacenamiento de estas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar que se mezclen los agregados de diferentes tolvas. Las tolvas en caliente deberán tener un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; deberán tener, también, un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva sea inferior al que proporcione la cantidad calibrada, y un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas.

### 3.2.2.2 *Indicadores de la temperatura de los agregados y del asfalto*

La instalación deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados secos, situados a la salida del secador o en el sitio en donde se ellos se van a mezclar con el asfalto; también, deberá tener indicadores de temperatura del ligante asfáltico en el sitio en donde éste sale al mezclador.

### 3.2.2.3 *Dispositivos de dosificación*

La precisión de los dispositivos de dosificación por peso de los agregados en caliente deberá ser tal que no permitan una desviación superior al medio por ciento ( $\pm 0.5\%$ ). Los dispositivos de dosificación ponderal del llenante y del ligante deberán tener una precisión tal que no permitan una desviación superior al tres por mil ( $\pm 0.3\%$ ).

### 3.2.2.4 *Alimentación del ligante bituminoso*

El ligante asfáltico se distribuirá uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no permitirán fugas ni goteos. El sistema dosificador del ligante deberá disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo.

## 3.2.3 **Requisitos específicos para las plantas de tipo continuo con tambor secador- mezclador**

### 3.2.3.1 *Dosificación de agregados*

El sistema de dosificación de los agregados deberá ser ponderal y tener en cuenta su humedad para corregir la dosificación en función de ella. La tasa de alimentación deberá ser monitoreada continuamente por la báscula de la banda transportadora u otro dispositivo sincronizado con el mecanismo de alimentación del asfalto.

### 3.2.3.2 *Dosificación de asfalto*

El dispositivo medidor del asfalto deberá controlar adecuadamente la tasa de ligante que se incorpora a la mezcla y responder instantáneamente a cualquier variación en la tasa de alimentación de los agregados. La difusión del asfalto deberá ser homogénea y de manera que no exista ningún riesgo de contacto con la llama ni de someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

### 3.2.3.3 *Elaboración de la mezcla*

El tambor deberá calentar, cubrir y mezclar uniformemente los materiales, evitando su exposición directa a las llamas o cualquier otra fuente puntual de alta temperatura, y evitando cualquier sobrecalentamiento en los agregados, en el cemento asfáltico o en la mezcla que pueda afectar adversamente las características y el comportamiento de la mezcla elaborada.

Se deberán instalar pirómetros tanto a la salida del asfalto, para verificar su temperatura, como en el extremo de descarga del mezclador, para verificar la temperatura de la mezcla. La producción de la planta se deberá limitar a la velocidad requerida para obtener una envuelta correcta de los agregados, cumpliendo con los requisitos de temperatura de agregados y del ligante según se haya determinado al establecer la fórmula de trabajo.

## 3.2.4 **Requisitos específicos para las plantas de ejes paralelos o mezclador de tambor**

Deberá tener características geométricas y mecánicas tales que, en un solo proceso, proporcionen un flujo continuo y adecuado que permita una distribución uniforme del ligante asfáltico previamente dosificado.

Deberán disponer de elementos físico-mecánicos suficientes y adecuados para mezclar los agregados con el ligante bituminoso durante el tiempo y la temperatura adecuados, con el fin de obtener el recubrimiento total de los agregados, libres de cualquier contaminación que afecte su adherencia.

El sistema no deberá permitir ninguna fuga furtiva o goteo, ya sea de partículas de agregados o de ligante.

### **3.3 Equipo para la transferencia de mezcla (“shuttle buggy”)**

Este equipo, cuyo empleo es de carácter obligatorio, tiene por finalidad reducir la segregación y transferir la mezcla de las volquetas a la tolva de la máquina pavimentadora, sin que aquellas entren en contacto con ésta, ni circulen sobre superficies con riegos de imprimación o liga.

Los vehículos de transferencia de material serán del tipo autopropulsado y entregarán el material a la pavimentadora sin hacer contacto con esta, mediante un transportador oscilante, y permitiéndole operar a una velocidad constante. El vehículo de transferencia de material deberá tener capacidades de remezclado y almacenamiento que eviten la segregación física y térmica.

### **3.4 Equipo para la extensión de la mezcla**

La extensión de las mezclas asfálticas se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de precompactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados.

La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deberán ser adecuadas para el tipo de trabajo que deba desarrollar. La pavimentadora estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar.

La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formaletas. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada en el diseño u ordenada por el Interventor. La pavimentadora estará equipada con un sistema de control capaz de mantener automáticamente la pendiente y las cotas especificadas de la regla.

Si se determina que durante su operación el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables que no sean fácilmente corregibles durante la construcción, el Interventor exigirá su inmediata reparación o cambio.

En el caso de mezclas asfálticas en caliente, la pavimentadora deberá estar dotada de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal.

### **3.5 Equipo de compactación**

Se deberán utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. El equipo de compactación por emplear en cada caso dependerá del tipo de capa asfáltica y su espesor, y deberá contar con la aprobación del Interventor, con base en los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves; además, estarán dotados de dispositivos para la limpieza de los rodillos o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores deberán ser específicamente diseñados y adecuados para compactar concreto asfáltico y deberán emplearse de forma adecuada. No se deberán emplear compactadores que afecten la estabilidad de cualquier capa del pavimento o del suelo subyacente.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático.

Los compactadores de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

En lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación se permitirá el uso de otros equipos de tamaño y diseño adecuados para la labor por realizar.

Para la compactación, se deberán poner a disposición de los trabajos, como mínimo, un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixto y uno (1) de llantas neumáticas.

### **3.6 Equipos de transporte**

Todos los vehículos de transporte deberán cumplir todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte, a las condiciones técnico-mecánicas y a las de control de emisiones contaminantes de los mismos; deberán tener al día los certificados de revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes.

#### **3.6.1 Carrotanque para transporte de cemento asfáltico**

El transporte del cemento asfáltico desde la planta de producción a la planta mezcladora, se deberá efectuar en caliente y a granel, en carrotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido trasvase de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Asimismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

#### **3.6.2 Equipo para el transporte de agregados y mezclas asfálticas**

Tanto los agregados como las mezclas asfálticas se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. En el caso de transporte de mezclas asfálticas, la superficie interna del platón deberá ser tratada con un producto cuya composición y cantidad deberán ser aprobadas por el Interventor, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla a ella. No se emplearán productos derivados del petróleo para el revestimiento de los platonos de las volquetas.

Cada volqueta tendrá una cubierta adecuada para proteger la mezcla del clima adverso. En algunos casos, puede ser necesario aislar o calentar el platón, o asegurar con firmeza la cubierta con el fin de garantizar la entrega de la mezcla asfáltica a la temperatura especificada en el sitio de pavimentación.

Las volquetas no deberán entrar en contacto con la pavimentadora y será obligatorio el empleo del equipo para la transferencia de la mezcla mencionado en el numeral 3.3.

### **3.7 Equipo de control de densidad**

El Constructor deberá tener en la obra un sensor de densidad durante todas las operaciones de pavimentación con el fin de asistir en la determinación del patrón óptimo de compactación, el tipo de compactador y su frecuencia, así como para monitorear el efecto de las operaciones de compactación durante la producción del pavimento.

El Constructor empleará un técnico cualificado durante todas las operaciones de pavimentación para calibrar el sensor y obtener lecturas precisas de densidad para todos los concretos asfálticos nuevos. Estas densidades se suministrarán al Interventor a su discreción en cualquier momento durante la construcción. No se harán pagos separados por el suministro del dispositivo de densidad y el técnico operador.

### **3.8 Equipo accesorio**

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que su uso esté autorizado por las autoridades ambientales. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la mezcla, termómetros y cámara infrarroja para controlar temperaturas, etc.

## **4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### **4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3, de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

### **4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo**

#### **4.2.1 Generalidades**

##### *4.2.1.1 Laboratorio para la obtención de la fórmula de trabajo*

El laboratorio empleado para obtener la fórmula de trabajo deberá contar con personal capacitado y equipos debidamente calibrados. Los certificados de vigencia de los equipos empleados en el diseño de la fórmula de trabajo no deberán tener una vigencia superior a un año.

##### *4.2.1.2 Fórmula de trabajo para mezclas asfálticas*

Antes de iniciar el acopio de los agregados, el Constructor deberá suministrar, para verificación del Interventor, muestras de ellos y del producto bituminoso por emplear y de los eventuales aditivos, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en la mezcla. Una vez el Interventor efectúe las comprobaciones que considere convenientes y dé su aprobación a los ingredientes, el Constructor definirá una “fórmula de trabajo” que obligatoriamente deberá cumplir las exigencias establecidas en esta especificación. En dicha fórmula se consignarán el tipo y las características del ligante asfáltico; la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que ellos deben mezclarse, junto con el llenante mineral, para obtener la gradación aprobada, así como la granulometría de los agregados combinados.

En el caso de mezclas asfálticas se deberán indicar, además, el porcentaje de ligante bituminoso en relación con la masa de la mezcla o de los agregados secos, y los porcentajes de aditivos, respecto de la masa del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria.

Cuando el proyecto requiera mezclas asfálticas con diferentes granulometrías o ligantes asfálticos deberá remitirse una fórmula de trabajo para cada una de ellas. El empleo de aditivos para mejorar la adherencia buscará satisfacer los requisitos de resistencia a la tracción.

La fórmula de trabajo será diseñada por un laboratorio que satisfaga los requerimientos del numeral 4.2.1.1. La mezcla asfáltica deberá diseñarse empleando los procedimientos contenidos en el Manual de Diseño de Mezclas Asfálticas MS-2 del Instituto del Asfalto. Los especímenes se prepararán y compactarán empleando el compactador Marshall de acuerdo con el método INV E-748-13.

De darse un cambio en las fuentes de materiales, deberá remitirse una nueva fórmula de trabajo al Interventor para su revisión y aceptación por escrito antes de emplear el nuevo material. Si luego de la aprobación por el Interventor de la fórmula de trabajo inicial se requiere, por cualquier razón, obtener una fórmula de trabajo nueva o modificada, el costo subsecuente de dicha fórmula, incluyendo la franja de control que pudiera pedir el Interventor, será a costa del Constructor.

En cualquier momento, el Interventor podrá solicitar muestras para su evaluación, antes o durante la producción, con el fin de verificar la calidad de los materiales y asegurar la conformidad con las especificaciones aplicables.

La fórmula de trabajo será remitida por el Constructor, por escrito, al menos treinta (30) días antes del inicio de las operaciones de pavimentación. La fórmula de trabajo deberá desarrollarse durante la obra y empleando las fuentes de agregados propuestas para el proyecto. La fórmula de trabajo deberá ser fechada y firmada por el Ingeniero responsable del laboratorio y deberá incluir, por lo menos, los siguientes elementos:

- Certificado del fabricante del ligante asfáltico empleado en la fórmula de trabajo de acuerdo con el numeral 2.2.
- Certificado del fabricante del aditivo para mejorar la adherencia si este se empleó en la obtención de la fórmula de trabajo y de acuerdo con el numeral 2.3.
- Certificado de los reportes de los ensayos para los agregados grueso y fino, y llenante mineral de acuerdo con los numerales 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4 y 2.1.5.
- Porcentaje que pasa cada tamaño de tamiz para la gradación individual de cada tolva de alimentación en frío y/o en caliente; porcentaje por peso de cada tolva de alimentación en frío y/o en caliente empleada; y gradación total combinada de la fórmula de trabajo.
- Peso específico y absorción del agregado grueso y del agregado fino.
- Porcentaje de arena natural.
- Porcentaje de caras fracturadas.
- Porcentaje en peso de partículas aplanadas, partículas alargadas, y partículas aplanadas y alargadas (incluyendo los criterios de clasificación de cada tipo de partículas).
- Porcentaje de asfalto.
- Número de golpes para la compactación.
- Tiempos requeridos para la mezcla de agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el ligante bituminoso.
- Temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de los agregados y del ligante. En ningún caso, se introducirán en el mezclador agregados pétreos a una temperatura que sea superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15° C).
- Temperaturas de mezcla y compactación en laboratorio. Las temperaturas de mezcla con cemento asfáltico se deberán encontrar dentro del rango correspondiente a una viscosidad del asfalto entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150–300 cSt). Además, en el caso de asfaltos modificados con polímeros, en la temperatura de mezcla se tendrá en cuenta el rango recomendado por el fabricante.

- Las temperaturas máximas y mínimas al salir del mezclador dependerán del tipo de mezcla y de la planta en la cual ésta se elabore. La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será mayor de ciento ochenta grados Celsius (180°C) en las plantas discontinuas, ni mayor de ciento sesenta y cinco grados Celsius (165°C) en las de tambor secador–mezclador.
- Temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte.
- Temperaturas de mezcla y compactación de campo recomendadas por el proveedor del ligante asfáltico.
- Temperaturas mínimas aceptables de la mezcla al inicio y a la terminación de la compactación.
- Gráfica de la granulometría de la gradación combinada con el tamaño de partículas elevado a la potencia 0.45.
- Gráficas de los vacíos de aire, los vacíos en el agregado mineral (VAM), y el peso unitario versus el contenido de asfalto. El diseño de la mezcla deberá tener en cuenta la posible fragmentación del material durante la producción garantizando el mínimo requerido de vacíos en el agregado mineral.
- Porcentaje de resistencia conservada empleando la prueba de tracción indirecta descrita en el método INV E-725-13.
- Tipo y cantidad de aditivo para mejorar la adherencia, en caso de que este sea empleado.
- Resultados de los ensayos en el equipo Asphalt Pavement Analyzer (APA) o en el ensayo de rueda de Hamburgo.
- Fecha de obtención de la fórmula de trabajo. Los diseños de mezclas sin fecha no serán aceptados. Los diseños de mezclas realizados

La fabricación de las mezclas asfálticas y la puesta en obra de ellas no se podrá iniciar hasta contar con la aprobación de la correspondiente fórmula de trabajo por el Interventor. La aprobación definitiva de la fórmula de trabajo por el Interventor no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida por esta especificación. La fórmula aprobada sólo se podrá modificar durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Interventor.

#### 4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas en caliente objeto del presente Ítem se diseñarán por el método Marshall, siguiendo los pasos descritos en la Tabla 8.

**Tabla 8. Pasos para el Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente de Gradación Continua**

Pasos	Descripción	Numeral
Diseño preliminar	- Estabilidad y flujo Marshall - Propiedades volumétricas	4.2.2.1
Verificación del diseño preliminar	- Adherencia - Resistencia al ahuellamiento	4.2.2.2

##### 4.2.2.1 Diseño preliminar

Los criterios para la definición preliminar del porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla son los indicados en la Tabla 9.

**Tabla 9. Criterios para el Diseño Preliminar de la Mezcla Asfáltica en Caliente de Gradación Continua por el Método Marshall**

Característica	Método	Valor
Compactación	INV E-748-13	75 golpes / cara
Estabilidad mínima		9,000 N
Flujo <sup>(1)</sup>		2.0 a 3.5 mm

Relación Estabilidad / Flujo			3.0 a 6.0 kN/mm
Vacíos de aire (Va)	Rodadura	INV E-736-13	3.0% a 5.0%
	Intermedia		4.0% a 7.0%
	Base		5.0% a 8.0%
	Nivelación		
Vacíos en el agregado mineral (VAM)	Tamaño máximo 25 mm	INV E-799-13	Mínimo 14.0 %
	Tamaño máximo 19 mm		Mínimo 15.0 %
	Tamaño máximo 12 mm		Mínimo 16.0 %
Vacíos llenos de asfalto (VFA)		INV E-799-13	65 a 75 %
Relación llenante / ligante efectivo, en peso		INV E-799-13	0.8 a 1.2

(1) Para mezclas elaboradas con asfaltos modificados con polímeros, se podrá aceptar un valor de flujo mayor (hasta 5.0 mm). En cualquier caso, se deberá cumplir el requisito establecido en la respectiva columna de la tabla para la relación Estabilidad/Flujo.

#### 4.2.2.2 Verificación del diseño preliminar

El diseño preliminar que cumpla los requisitos de la Tabla 9 se deberá someter a las pruebas de verificación relacionadas en la Tabla 10 y cumplir los requisitos allí establecidos. La verificación se deberá adelantar en la secuencia indicada en esta tabla; las probetas se elaborarán con la mezcla definida como óptima en el diseño preliminar mencionado en el numeral anterior.

**Tabla 10. Verificación del Diseño Marshall**

Propiedad	Método	Valor
Adherencia Relación de resistencia a la tracción <sup>(1)</sup>	INV E-725-13	No menos de 80% con una saturación de 70%-80%
Asphalt Pavement Analyzer (APA) <sup>(2)</sup>	AASHTO T340 con presión de manguera de 250 psi y una temperatura de ensayo de 64°C	Menos de 10 mm con 4,000 pasadas
Ensayo de rueda de Hamburgo <sup>(3)</sup>	AASHTO T324 con una temperatura de ensayo de 50°C	Menos de 10 mm con 20,000 pasadas

- (1) Los especímenes para evaluar la susceptibilidad al agua mediante la prueba de tracción indirecta se compactarán con vacíos de aire de 7.0% ± 1.0%.
- (2) También se puede emplear el método AASHTO T340 con presión de manguera de 100 psi y una temperatura de ensayos de 64°C. En este caso el valor de diseño será inferior a 5 mm con 8,000 pasadas.
- (3) Si no se dispone del equipo APA, se puede emplear alternativamente el ensayo de rueda de Hamburgo.

##### 4.2.2.2.1 Adherencia

Si la mezcla no cumple con el requisito, se deberá incrementar su adhesividad hasta que cumpla con el mismo, empleando un aditivo mejorador de adherencia y/o un llenante mineral apropiado.

##### 4.2.2.2.2 Resistencia a la deformación plástica

Para el control de la resistencia de la mezcla a la deformación plástica se emplearán los criterios establecidos en la Tabla 10.

##### 4.2.2.3 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varían la procedencia o las

características de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en esta especificación, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

### **4.3 Preparación de la superficie existente**

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva de la superficie existente deberán corregirse de acuerdo con lo establecido en ella.

Inmediatamente antes de colocar la mezcla asfáltica, la capa subyacente debe limpiarse de todo el polvo y partículas sueltas.

Antes de colocar una mezcla asfáltica sobre una base granular se debe aplicar un riego de imprimación de acuerdo con el Ítem P-602.

Se aplicará un riego de liga de acuerdo con el Ítem P-603 a todas las superficies horizontales de concreto asfáltico y concreto hidráulico antes de la colocación de cada capa subsiguiente de mezcla asfáltica.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego adicional de adherencia, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo adicional para el proyecto.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios del proyecto o el criterio del Interventor, requiere un fresado previo, éste se realizará conforme se establece en el Artículo 460 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

### **4.4 Fase de experimentación**

Antes de iniciar los trabajos, el Constructor emprenderá una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas en acuerdo con el Interventor, los métodos definitivos de preparación, transporte, colocación, compactación de la mezcla asfáltica, así como las tasas de aplicación en obra, de manera que se cumplan los requisitos de esta especificación.

El Interventor tomará muestras de la mezcla para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el Constructor deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas en los equipos y sistemas o, si llega a ser necesario, en la fórmula de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones.

El Interventor determinará si es aceptable la ejecución de los tramos de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

En el caso de mezclas nuevas, el Interventor establecerá, durante la fase de experimentación, correlaciones entre los métodos corrientes de control de la dosificación del ligante y de la densidad en el terreno y otros métodos rápidos de control.

#### **4.4.1 Franja de control**

La producción total no comenzará hasta que se construya una franja de control aceptada por escrito por el Interventor. El Constructor preparará y colocará una cantidad de concreto asfáltico de acuerdo con la fórmula de trabajo. La capa subyacente sobre la cual se construye la franja de control deberá ser la misma para el resto de la capa representada por la franja de control.

La franja de control consistirá en, por lo menos, un lote tal como se define en el numeral 5.2.5.1. La franja de control deberá colocarse en dos carriles con el mismo ancho y espesor que se emplearán en la producción, y con una junta longitudinal fría. La junta fría debe cortarse de acuerdo con el numeral 4.11 y con el mismo procedimiento que se empleará durante la producción. La junta fría para la franja de control será una junta de construcción expuesta de al menos cuatro (4) horas de construida o cuya capa asfáltica se haya enfriado a menos de 71°C. El equipo empleado en la construcción de la franja de control será del mismo tipo, configuración y peso que el empleado en el proyecto.

La franja de control se considerará aceptable por el Interventor si satisface todos los criterios especificados en el numeral 5.2. Si la franja de control no es aceptable, se deberán hacer los ajustes necesarios a la fórmula de trabajo, a la operación de la planta, o a los procedimientos de extendido y compactación, y se construirá otra franja de control. Las franjas de control no aceptadas se removerán a costa del Constructor.

#### **4.5 Aprovisionamiento de los agregados**

Los agregados se suministrarán fraccionados y se manejarán separados hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. Cuando la mezcla asfáltica se vaya a elaborar en una planta del tipo tambor secador- mezclador no se permitirá, por ningún motivo, realizar una predosificación de las fracciones de los agregados pétreos antes de su vertimiento en las tolvas de agregados en frío de la planta.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar contaminaciones entre ellos y con materiales deletéreos. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

Los agregados de diferentes fuentes deberán acopiarse, pesarse y separarse en lotes apartados en plantas asfálticas de producción discontinua.

No se emplearán agregados que se hayan segregado o contaminado con tierra o materiales extraños.

Se deberá proveer un suministro continuo de materiales a la obra para asegurar la elaboración continua del concreto asfáltico.

## **4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica**

### **4.6.1 Preparación del ligante asfáltico**

El ligante asfáltico se calentará de forma tal que se evite el sobrecalentamiento local y se provea un suministro continuo de este al mezclador con una temperatura uniforme.

La temperatura del material bituminoso en el instante de la mezcla depende de la relación viscosidad-temperatura, siendo una temperatura conveniente aquella a la cual el ligante presenta una viscosidad entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150–300 cSt), siendo preferible que se encuentre entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150–190 cSt).

La temperatura del ligante asfáltico sin modificar no deberá exceder los 160°C cuando se añada al agregado. La temperatura del ligante asfáltico modificado no deberá superar los 175°C cuando se añada al agregado.

### **4.6.2 Preparación del agregado mineral**

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan más del cincuenta por ciento (50 %) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se realizará en dos (2) tolvas, así éste sea de un tipo único.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre combustión incompleta o se advierte alguna contaminación por combustible en los agregados o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema.

La temperatura y tasa de calentamiento máximas del agregado mineral deberán ser tales que no se presente daño en los agregados. Las temperaturas de los agregados y el llenante mineral no deberán exceder los 175°C al momento de agregar el ligante asfáltico. Se debe tener especial cuidado con agregados con altos contenidos de calcio o magnesio para evitar su daño por sobrecalentamiento. La temperatura no deberá ser menor que la requerida para lograr el recubrimiento completo y la distribución uniforme de las partículas de agregado, y proveer una mezcla con una trabajabilidad satisfactoria.

Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, se deberá eliminar. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se pesarán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. Después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

#### **4.6.3 Preparación de la mezcla asfáltica**

Los agregados y el ligante asfáltico se pesarán o medirán en las cantidades especificadas en la fórmula de trabajo. Los materiales combinados se mezclarán hasta que el agregado tenga un recubrimiento uniforme del ligante asfáltico y éste quede uniformemente distribuido en la mezcla.

El tiempo de mezclado húmedo será el menor que produzca una mezcla satisfactoria, pero no menos de 25 segundos en plantas discontinuas. El tiempo de mezclado húmedo en plantas discontinuas comienza con la introducción del ligante asfáltico en el mezclador y termina con la apertura de la compuerta de descarga de la mezcla. El tiempo de mezclado húmedo para todas las plantas será establecido por el Constructor, basado en el procedimiento para la determinación del porcentaje de partículas recubiertas descrito en el método INV E-739-13, para cada planta individual y para cada tipo de agregado empleado. El tiempo de mezclado húmedo será el necesario para lograr un 95% de partículas recubiertas.

En plantas de mezcla continua, el tiempo mínimo de mezclado será determinado dividiendo el peso de sus contenidos a nivel operacional entre el peso de la mezcla descargada por segundo por el mezclador.

El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no supere los dos tercios ( $\frac{2}{3}$ ) de su altura, de forma que se logre una envuelta completa y uniforme para los tiempos de mezclado establecidos en la fórmula de trabajo.

Todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla recién elaborada y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de contaminación o humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También, se rechazarán aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

Siempre que se emplee un silo para el almacenamiento de la mezcla elaborada, ésta se deberá verter dentro de aquel tomando las precauciones necesarias para que no se ocasione segregación. En el instante de la descarga del silo a las volquetas, se procurará realizarla con la mayor rapidez, con el fin de disminuir la posibilidad de segregación en los platones de las volquetas, ya que de esta manera se reduce la acción de rodamiento de la mezcla cuando fluye hacia ellos. En ese momento se deberá verificar la temperatura, con el fin de impedir el despacho a la obra de mezclas con temperaturas inferiores a las definidas como apropiadas para la extensión y para la compactación durante la fase de experimentación.

## **4.7 Transporte de la mezcla**

La mezcla se transportará a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales se deberán encontrar dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

## **4.8 Transferencia de la mezcla**

El Constructor dispondrá obligatoriamente de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (“*shuttle buggy*”). La volqueta descargará la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se encargarán de alimentar la pavimentadora, sin que ésta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

## **4.9 Extensión de la mezcla**

Antes de extender la mezcla asfáltica, el Constructor preparará un plan de colocación con: (a) la secuencia de los carriles de pavimentación y el ancho de estos para minimizar el número de juntas frías; (b) la ubicación de cualquier rampa temporal; (c) la temperatura de colocación; y (d) el tiempo estimado de terminación de cada porción del trabajo (fresado, pavimentación, compactación, enfriado, etc.). El plan de colocación y cualquier modificación al mismo deberán ser aprobados por el Interventor.

La mezcla recibida de la máquina de transferencia será extendida por la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

Las entregas se programarán de forma que el extendido y la compactación del concreto asfáltico sea uniforme, con el mínimo de arranques y paradas de la pavimentadora. No se permitirá el transporte sobre materiales recién colocados hasta que estos se hayan compactado a la densidad especificada y se haya permitido que se enfríen a temperatura ambiente. El Constructor, a su costa, será responsable de reparar cualquier daño causado al pavimento por operaciones de transporte.

El Constructor deberá hacer el levantamiento topográfico de cada capa de superficie de concreto asfáltico y certificar al Interventor que todos los lotes de cada capa satisfacen las tolerancias indicadas en el numeral 5.2 antes de construir la siguiente capa.

Los bordes de pavimentos existentes y colindantes con las nuevas obras deberán cortarse con sierra y se deberán remover los materiales cortados y la lechada. Se aplicará un riego de liga de acuerdo con el Ítem P-603 antes de colocar en nuevo concreto asfáltico contra el borde.

La colocación de la mezcla asfáltica comenzará a lo largo del eje en secciones transversales con bombeo o del lado más alto en las secciones con pendiente uniforme, a menos que se indique otra cosa en el plan de colocación aprobado por el Interventor.

La junta longitudinal de una capa deberá estar desplazada con respecto a la junta longitudinal de la capa inmediatamente subyacente por lo menos 300 mm. La junta longitudinal de la capa superior deberá coincidir con el eje en las secciones con bombeo. Las juntas transversales de una capa deberán estar desplazadas por lo menos 3.0 metros con respecto a las juntas transversales de la capa inmediatamente subyacente. Las juntas transversales de carriles adyacentes deberán tener un desplazamiento de al menos 3.0 metros entre ellas.

Siempre que resulte posible, después de haber extendido y compactado una franja, la adyacente deberá extenderse mientras el borde de la anterior aún se encuentre caliente y en condiciones de compactarse, con el fin de evitar la ejecución de una junta longitudinal.

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y a la sección transversal indicada en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. La instalación de extensiones de la regla de la pavimentadora para satisfacer el ancho de pavimentación implica la instalación de extensiones en la barrena o “*tornillo sin fin*” para mover la mezcla asfáltica uniformemente a lo largo de la regla.

Tampoco se permitirá la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, la extensión de la mezcla deberá suspenderse inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada deberá removerse mediante corte con sierra y fresado y reemplazada con material que satisfaga la fórmula de trabajo, a expensas del Constructor. El área por remover y reemplazar tendrá un ancho igual al ancho mínimo de pavimentación y una longitud no menor que 3.0 metros.

La extensión de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta de fabricación, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones.

En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada para el inicio de la compactación; de lo contrario, dicha mezcla se descartará y se deberá ejecutar una junta transversal. Tras la pavimentadora se deberá disponer un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla caliente y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones impuestas en esta especificación.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o a las instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

El Interventor podrá, en cualquier momento, rechazar cualquier lote de mezcla asfáltica, en el camión o colocado en una capa, que no sea apto debido a contaminación, segregación, recubrimiento incompleto del agregado o sobrecalentamiento. Dicho rechazo podrá basarse en una inspección visual o en la medida de la temperatura.

## **4.10 Compactación de la mezcla**

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos. Deberá disponerse de suficientes compactadores para procesar la producción de la planta.

La velocidad de los compactadores será, en todo momento, suficientemente lenta para evitar el desplazamiento de la mezcla caliente y lograr una compactación efectiva.

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las secciones de pendiente transversal uniforme en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total se haya compactado. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Se tendrá cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formarán los bordes exteriores del pavimento terminado, se chaflanarán ligeramente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual mínimo necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

La compactación se continuará mientras la mezcla se encuentre en condiciones de compactarse hasta alcanzar los niveles de densidad prescritos en esta especificación y se concluirá con un apisonado final con un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

En áreas inaccesibles al compactador, la mezcla será compactada con equipos portátiles aprobados por el Interventor.

Se deberá verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de compactación.

Cualquier defecto superficial o desplazamiento que ocurra como resultado de la compactación, o por cualquier otra causa, se corregirá a costa del Constructor. Cualquier volumen de mezcla asfáltica que se afloje o se rompa, se contamine, presente agrietamiento por compactación, o cualquier defecto será removido y reemplazado con mezcla asfáltica nueva y compactada de forma inmediata para ajustarla al área adyacente. Este trabajo se hará a costa del Constructor. No se permitirá parcheo superficial.

## **4.11 Juntas de trabajo**

La construcción de las juntas deberá asegurar una unión continua entre las capas y garantizar la densidad requerida. Las juntas presentarán la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

El compactador no deberá pasar sobre el extremo desprotegido de la mezcla asfáltica recién colocada, excepto cuando sea necesario para formar una junta transversal. Cuando sea necesario formar una junta transversal, esta se construirá chaflanando el espesor de la capa. El chaflán se deberá cortar en toda su espesor y ancho en una línea

recta para exponer una cara vertical antes de colocar la mezcla asfáltica adyacente. Todas las superficies de contacto deben recubrirse con riego de liga antes de colocar la nueva mezcla asfáltica contra la junta.

Las juntas longitudinales que han estado expuestas durante más de cuatro (4) horas, su temperatura superficial se ha enfriado a menos de 80 °C, son irregulares, presentan daños, no se compactaron, o presentan otro tipo de defectos deberán cortarse con disco en un máximo 75 mm hacia atrás, con el fin exponer una superficie vertical limpia, sólida y uniforme en todo el espesor de la capa. Todo el material recortado y cualquier lechada producida por el corte de las juntas se eliminarán del proyecto. Se debe aplicar un riego de liga de acuerdo con el Ítem P-603 a la junta limpia y seca antes de colocar cualquier asfalto nuevo contra esta. El costo de este trabajo se considerará como parte del costo de la mezcla asfáltica.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deberán cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia y se les aplicará el tratamiento descrito en el párrafo anterior.

La nueva mezcla asfáltica se extenderá contra la junta y se compactará y alisará con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Se procurará que las juntas de capas superpuestas guarden la separación mínima definida en el plan de colocación mencionado en el numeral 4.9.

La junta longitudinal se deberá calentar luego de la rotura de la emulsión del riego de liga, previamente a la extensión de la siguiente franja contra ella. El equipo de calefacción por infrarrojos, con alimentación eléctrica, consistirá en uno o más calentadores de energía radiante de bajo nivel para calentar y ablandar uniformemente las juntas del pavimento. Los calentadores deben configurarse para calentar uniformemente un área de hasta 50 centímetros de ancho y 75 mm de profundidad. El equipo de infrarrojos debe controlarse termostáticamente para proporcionar un aumento uniforme de la temperatura en toda la capa hasta una temperatura máxima entre 93°C y 150°C.

Los equipos de calefacción por infrarrojos, alimentados con propano, se conectarán a la máquina pavimentadora y la salida de energía infrarroja estará en el rango de uno a seis micrones. Los convertidores deben estar dispuestos para terminar directamente sobre la junta a calentar en cantidades suficientes para producir continuamente, cuando estén en funcionamiento, un mínimo de 240,000 BTU por hora. El calentador de juntas debe colocarse a no más de 25 mm sobre el pavimento a calentar y frente a la regla de la pavimentadora y debe ser completamente ajustable. Se requerirá que los calentadores estén en funcionamiento en todo momento.

Los calentadores deben funcionar de modo que no produzcan calor excesivo cuando las unidades pasan sobre material nuevo o previamente pavimentado.

#### **4.12 Pavimento sobre puentes y viaductos**

Las losas de los puentes y los viaductos se pavimentarán con una mezcla en caliente de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa la aplicación del riego de liga mencionado en el numeral 4.3.

Durante la ejecución del riego de liga y la extensión de la mezcla asfáltica, el Constructor deberá defender con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes y viaductos que puedan ser alcanzadas por el material bituminoso. El Constructor será responsable por cualquier daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza correrán por su cuenta.

### **4.13 Apertura al tránsito**

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente en todo su espesor. Por ningún motivo se permitirá la acción de cualquier tipo de tránsito sobre las capas en ejecución.

### **4.14 Limitaciones en la ejecución**

No se permitirá la extensión de ninguna capa de mezcla asfáltica en caliente, mientras no se haya realizado la nivelación y se haya comprobado y aprobado el grado de compactación de la capa precedente.

Tampoco se permitirán la extensión ni la compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra, sobre superficies húmedas o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5° C). Si el espesor de la capa por extender, ya compactada, es menor de cincuenta milímetros (50 mm), dichas temperaturas no podrán ser inferiores a ocho grados Celsius (8° C).

Los trabajos de construcción de la mezcla asfáltica en caliente se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el proyecto o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar. Todos los trabajos deberán satisfacer las normas de seguridad y el plan de iluminación aprobado.

### **4.15 Manejo ambiental**

Todas las labores se deberán realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Estas actividades implican el manejo de ligantes asfálticos, agregados pétreos y los tratamientos o mezclas elaboradas con ellos. En adición a los aspectos generales mencionados en el Artículo 106 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto particular o la legislación ambiental vigente.

En caso de contradicciones con lo indicado en el presente numeral prevalecerán, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

#### **4.15.1 Ligante**

- Sus depósitos se deberán localizar en lugares apartados de cursos o láminas de agua.
- Alrededor de los depósitos se deberán construir diques de contención para evitar la propagación de derrames accidentales.
- Los residuos de los carrotanques no podrán verterse en el área del proyecto, en estructuras de drenaje o en cauces o láminas de agua.
- En caso de vertimiento accidental del asfalto empleado en la ejecución de algún riego, dicho material deberá recogerse, incluyendo el suelo contaminado, y dispuestos en sitios de vertimiento construidos para tal fin y aprobados ambientalmente.
- Se deberá evitar el sobrecalentamiento del producto en las plantas de mezcla en caliente.

- Los obreros que laboren en el transporte y disposición del asfalto deberán dotarse de los equipos apropiados de seguridad industrial.

#### **4.15.2 Explotación y procesamiento de agregados pétreos**

- No se permitirá la explotación de fuentes de materiales en áreas de preservación ambiental.
- Se preferirá la extracción de fuentes explotadas para el abastecimiento de obras anteriores, siempre que la calidad de sus materiales sea adecuada.
- Se deberá planear adecuadamente la explotación de la fuente, de manera de minimizar los impactos resultantes del proceso y facilitar la recuperación ambiental al término de la explotación.
- Si los agregados se obtienen de fuentes comerciales, el Interventor sólo aceptará su uso después de que el Constructor le haga entrega de una copia auténtica de la respectiva licencia ambiental de operación.
- Antes de iniciar la explotación de las fuentes, el Constructor presentará al Interventor, para su evaluación y eventual aprobación, un plan de explotación.
- No está permitida la quema como forma de desmonte del área por explotar.
- Se deberá retirar cuidadosamente la capa vegetal de las zonas de explotación y mantenerla en buenas condiciones, para recuperarlas al término de la explotación.
- Se deberán limitar al mínimo el desmonte, la limpieza y el descapote durante la construcción de las instalaciones de trituración y clasificación y la planta asfáltica.
- Si se deben interceptar drenajes naturales, ellos deberán ser adecuadamente canalizados.
- La planta de trituración deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.
- Siempre que se requiera lavado durante el proceso de producción de agregados, los residuos que genera esta operación deberán conducirse a piscinas de sedimentación.
- Tanto en las plantas de trituración como en las asfálticas, se deberá realizar un seguimiento permanente al componente atmosférico durante su operación.
- El manejo de explosivos deberá ser realizado por un experto.
- Los niveles de ruido y polvo causados por los procesos de explotación y procesamiento de los agregados deberán ser mantenidos dentro de los límites admitidos por las disposiciones oficiales vigentes.
- Se deberá procurar que las instalaciones de trituración y la planta asfáltica queden ubicadas en el mismo lote. Dichas instalaciones no se podrán situar en sitios ecológicamente sensibles, áreas con presencia de especies bióticas protegidas o en peligro de extinción, lugares con nivel freático cercano a la superficie o zonas con riesgo alto de inestabilidad geotécnica. El área deberá aislarse con malla o lonas para reducir la dispersión de materiales.
- El vertimiento de cualquier desperdicio sólido a cauces o láminas de agua está prohibido.
- El horario nocturno de trabajo deberá ser limitado para no alterar la tranquilidad de la zona, en particular si las instalaciones están ubicadas cerca de zonas habitadas. Esta exigencia es también válida para la planta asfáltica y los trabajos mismos de construcción.
- Junto a las instalaciones de trituración se deberán construir piscinas de sedimentación para la retención del polvo mineral que se pueda producir en exceso.
- Al concluir la fase de explotación de las fuentes, el Constructor deberá readecuar los relieves del área, dejando los taludes con inclinaciones similares a las del entorno y con sus bordes superiores redondeados y realizará la recuperación del sistema de drenaje del lugar.
- Al desocupar las áreas de explotación y procesamiento, el Constructor deberá retirar todos los vestigios de ocupación del lugar, tales como estructuras, pisos, caminos internos, estacionamientos, escombros, etc. Asimismo, deberá descompactar los suelos y restaurar la vegetación y el paisaje.

### **4.15.3 Plantas de mezcla en general**

- Ninguna planta de mezcla se podrá instalar a menos de doscientos metros (200 m), medidos desde el mezclador, de residencias, clínicas, colegios, y otras construcciones comunitarias.
- Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire y para su funcionamiento en la obra se deberá presentar a la Entidad la correspondiente autorización, expedida por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.
- Las plantas no se podrán operar sin las licencias requeridas y, durante el desarrollo de los trabajos, se deberán mantener en condiciones de operación dentro de lo prescrito en dichas licencias y en estas especificaciones.
- La planta deberá contar con un sistema apropiado de control de polución de aire, conforme con los patrones establecidos en la legislación vigente.
- Los sitios de acopio de los agregados fríos deberán disponer de cobertura y de protecciones laterales para evitar la generación de emisiones fugitivas durante las operaciones de carga y descarga.
- La banda transportadora de los agregados fríos deberá protegerse contra la acción del viento.
- Se deberán implementar procedimientos que permitan que la alimentación al mezclador (mezclas en frío) o al secador (mezclas en caliente) se realice sin emisiones visibles a la atmósfera.
- Se deberán mantener limpias las vías internas de acceso a la planta.
- Se deberán mantener en buenas condiciones todos los equipos de proceso y de control.
- Las instalaciones deberán contar con una señalización adecuada para el tránsito que circule dentro de ellas.

### **4.15.4 Plantas de mezcla en caliente**

- Se deberán operar con un combustible ambientalmente autorizado.
- Se deberá mantener la presión negativa en el tambor secador cuando la planta esté en operación, para evitar emisiones de partículas a la entrada y a la salida de ésta.
- En las plantas discontinuas, se deberán dotar al sistema de clasificación en caliente y al mezclador, de sistemas de escape hacia los dispositivos de control de polución de aire, para evitar la emisión de vapores y partículas a la atmósfera.
- Los silos de almacenamiento del llenante mineral deberán disponer de un sistema propio de filtración en seco.
- Se deberán adoptar procedimientos operacionales que eviten la emisión de partículas provenientes de los sistemas de limpieza de los filtros de mangas y de reciclado del polvo mineral.

### **4.15.5 Transporte de agregados y mezclas**

- El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Cuando viajen cargados, los vehículos deberán tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida el vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.
- Antes de entrar a vías pavimentadas, se deberán limpiar cuidadosamente las llantas de los vehículos. Los materiales resultantes de dicha limpieza no podrán arrojarse a la zona de derecho de vía, ni a cursos de agua, ni a estructuras de drenaje superficial.

#### **4.15.6 Transporte de materiales contaminantes o peligrosos**

- Los materiales tales como combustibles, lubricantes, explosivos, asfaltos, aguas servidas no tratadas, desechos y basuras se deberán transportar y almacenar adoptando las medidas necesarias para evitar derrames, pérdidas o daños por lluvias, hurtos o incendios.
- El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

#### **4.15.7 Ejecución de riegos**

- Se deberá vigilar la viscosidad del ligante, para impedir que el riego fluya hacia las cunetas y zonas ajenas a la superficie por tratar.
- Los tratamientos superficiales terminados deberán ser barridos adecuadamente para eliminar partículas sueltas, las cuales pueden ser proyectadas peligrosamente por las llantas hacia otros vehículos o hacia las zonas aledañas a la vía.
- Tanto cuando se construyan riegos como capas de mezcla, las operaciones de limpieza inherentes a cada actividad sólo se podrán efectuar con escobas o sopladores mecánicos, cuando ello esté permitido por la autoridad ambiental competente.

#### **4.15.8 Extensión y compactación de mezclas**

- Se deberán implementar medidas de seguridad industrial para proteger al personal durante las operaciones de extensión y compactación de mezclas en caliente.
- Se deberá implementar un plan de control del tránsito, si las operaciones se desarrollan con la vía abierta al tránsito público.
- No se permitirá la disposición de residuos en las zonas aledañas a la superficie pavimentada.

#### **4.15.9 Fresado de pavimentos asfálticos**

- Se deberá implementar un plan para el control y ordenamiento del tránsito automotor durante el desarrollo de los trabajos.
- La superficie fresada deberá ser cubierta a la mayor brevedad, para corregir el impacto por generación de ruido.
- Los materiales fresados deberán transportarse hasta vertederos que tengan debida licencia para su funcionamiento, donde se depositarán atendiendo las indicaciones de los documentos técnicos y ambientales del proyecto, y las instrucciones del Interventor.
- Se deberá evitar la contaminación del material fresado con suelos u otros materiales extraños.
- La operación de barrido de la superficie fresada no podrá causar molestias por producción de polvo, a las personas y bienes vecinos a la vía.

### **4.16 Reparaciones**

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el proyecto, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

## **4.17 Control de calidad del Constructor**

El Constructor deberá desarrollar un Programa de Control de Calidad del Constructor (PCCC) de acuerdo con el Ítem C-100 de estas especificaciones. No se harán pagos parciales de materiales mientras no está aprobado el Plan de Control de Calidad.

### **4.17.1 Instalaciones para el control de calidad del Constructor**

El Constructor proveerá o contratará instalaciones para ensayos de acuerdo con el Ítem C-100 de estas especificaciones.

El Interventor tendrá acceso pleno y sin restricciones para inspeccionar dichas instalaciones y presenciar las actividades del control de calidad. El Interventor informará por escrito al Constructor sobre cualquier deficiencia relacionada con las instalaciones, los equipos, suministros, o personal y procedimientos de ensayo del control de calidad. Cuando las deficiencias sean suficientemente graves para afectar de forma negativa los resultados de los ensayos, se suspenderá la incorporación de los materiales en la obra de forma inmediata y no se permitirá el reinicio de actividades hasta que las deficiencias sean corregidas de forma satisfactoria para el Interventor.

### **4.17.2 Ensayos de Control de Calidad del Constructor**

El Constructor realizará todos los ensayos de Control de Calidad necesarios para controlar los procesos de producción y construcción aplicables a estas especificaciones y según lo establecido en su PCCC aprobado. El programa de ensayos deberá incluir, pero no necesariamente limitarse a, ensayos para el control del contenido de asfalto, la granulometría de los agregados, las temperaturas, la humedad de agregados, la compactación de campo y la regularidad de la superficie. Se desarrollará un plan de ensayos de Control de Calidad como parte del PCCC.

#### **a. Contenido de asfalto**

Se harán un mínimo de dos ensayos diarios de acuerdo con los procedimientos descritos en el numeral 5.2.3.1.

#### **b. Granulometría**

Se harán un mínimo de dos ensayos diarios de acuerdo con los procedimientos descritos en el numeral 5.2.3.2.

#### **c. Humedad de los agregados**

Se hará un mínimo de un ensayo diario de acuerdo con los procedimientos descritos en el numeral 5.2.3.3.

#### **d. Humedad de la mezcla asfáltica**

Se hará un mínimo de un ensayo diario de acuerdo con los procedimientos descritos en el numeral 5.2.4.6.

#### **e. Temperaturas**

Se controlarán las temperaturas, al menos cuatro veces al día, en los lugares necesarios para determinar las temperaturas del secador, el ligante asfáltico en el tanque de almacenamiento, la mezcla asfáltica en la planta y en el lugar de trabajo.

#### **f. Monitoreo de la densidad in situ**

El Constructor deberá realizar las pruebas necesarias para garantizar que se logre la densidad especificada. Se

puede usar un densímetro nuclear para monitorear la densidad del pavimento de acuerdo con el método INV E-746-13.

#### **g. Control de calidad del Constructor de la regularidad**

El Constructor deberá realizar a diarios ensayos de regularidad en las direcciones transversal y longitudinal para verificar que los procesos de construcción estén produciendo pavimento con variaciones de menos de ¼ de pulgada en 12 pies, e identificando áreas que pueden estancar agua que podría conducir al hidroneo de las aeronaves. Si no se cumplen los criterios de regularidad, el Constructor deberá realizar los cambios y las correcciones correspondientes al proceso de construcción antes de que esta continúe.

Para evaluar la planicidad se podrán emplear la regla de 12 pies de acuerdo con el método ASTM E1703, un inclinómetro rodante que cumpla con los requisitos del método ASTM E2133 o un dispositivo de referencia externo rodante que pueda simular una regla de 12 pies y sea aprobado por el Interventor. El ensayo con la regla de 12 pies comenzará con la mitad de su longitud en el borde de la sección del pavimento que se está ensayando y luego avanzará la mitad de la longitud de la regla para cada medición sucesiva. La prueba debe ser continua a través de las juntas. La irregularidad de la superficie se determinará colocando la regla vertical (sin nivelar) en la superficie del pavimento, permitiendo que descansa sobre los dos puntos más altos cubiertos por su longitud y midiendo el desnivel máximo entre la regla y la superficie del pavimento en el área entre los dos puntos altos. Si se emplea el inclinómetro rodante o el dispositivo de referencia externo, los datos se pueden evaluar empleando los programas de análisis de perfiles de la Administración Federal de Aviación de los EE. UU., ProFAA<sup>1</sup>, o de la Administración Federal de Carreteras de los EE. UU., ProVal<sup>2</sup>, mediante la función de simulación de regla de 12 pies.

No se realizarán lecturas de regularidad a través de cambios de pendiente o transiciones de pendiente transversal. La transición entre el pavimento nuevo y el existente se evaluará por separado de conformidad con los planos.

##### (1) Medidas transversales:

Se tomarán medidas transversales sobre la producción realizada en cada día. Las medidas transversales se tomarán perpendicularmente a la línea central del pavimento cada quince metros (15 metros) o menos según lo determine el Interventor. La unión entre carriles se evaluará por separado.

##### (2) Medidas longitudinales:

Se tomarán medidas longitudinales sobre la producción realizada en cada día. Las pruebas longitudinales deben ser paralelas a la línea central del pavimento. Se tomarán en el centro de los carriles de pavimentación cuyo ancho sea inferior a seis metros (6 m), y en los tercios de los carriles de pavimentación cuyo ancho sea mayor o igual que seis metros (6 m).

Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán fresarse y reconstruirse por el Constructor, sin costo adicional para el proyecto, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

#### **h. Niveles**

Los niveles se evaluarán a diario para permitir ajustes en las operaciones de pavimentación cuando no se cumpla con las especificaciones. Como mínimo, los niveles se evaluarán antes y después de la colocación de la primera

---

<sup>1</sup> Disponible en: <https://www.airporttech.tc.faa.gov/Products/Airport-Safety-Papers-Publications/Airport-Safety-Detail/ArtMID/3682/ArticleID/8/ProFAA>

<sup>2</sup> Disponible en: <https://www.roadprofile.com/>

capa y después de la colocación de la capa de rodadura.

Las medidas se tomarán en las rasantes apropiadas, como mínimo en el centro y los bordes del carril de pavimentación, y con el espaciamiento longitudinal indicado en las secciones transversales y los planos. La superficie de la rodadura no variará de las cotas del perfil y las secciones transversales que se muestran en los planos en más de 12 mm verticalmente. La documentación será proporcionada por el Contratista al Interventor al final del siguiente día hábil.

Las áreas con abultamientos o depresiones que excedan los criterios de niveles o regularidad y retengan agua en la superficie deben rectificarse mediante el fresado de todo el espesor de la última capa más 50 mm adicionales y reemplazándola con material nuevo.

#### **4.17.3 Muestreo**

Cuando lo indique el Interventor, el Constructor tomará muestras y ensayará cualquier material que parezca inconsistente con el material similar que se muestrea, a menos que dicho material se elimine y reemplace voluntariamente o el Constructor corrija las deficiencias. Todo el muestreo debe realizarse de acuerdo con los procedimientos estándar especificados.

#### **4.17.4 Gráficos de control**

El Constructor elaborará gráficos de control lineal de los valores individuales y rangos (diferencia entre el mayor y el menor valor medido) para la granulometría, el contenido de asfalto y los vacíos en el agregado mineral (VAM). Los vacíos en el agrado mineral de cada día serán calculados y monitoreados por el laboratorio de control de calidad.

La toma de muestras y los ensayos para la elaboración de los Gráficos de Control estará a cargo del Constructor como parte del desarrollo del PCCC aprobado y son independientes de los controles de calidad que realizará el Interventor de acuerdo con lo dispuesto en el numeral 5 de esta especificación.

Los gráficos de control serán publicados en un lugar aprobado por el Interventor y se mantendrán actualizados. Como mínimo, los gráficos de control deberán identificar el número del proyecto, el número del ítem del Contrato, el número del ensayo, el parámetro de cada ensayo, los Límites de Acción y Suspensión aplicables a cada parámetro, y los resultados de los ensayos realizados por el Constructor. El Constructor deberá utilizar los gráficos de control como parte de un sistema de control de procesos para identificar posibles problemas y sus causas imputables antes de que estos ocurran. Si los datos proyectados por el Constructor durante la producción indican un problema y el Constructor no toma medidas correctivas satisfactorias, el Interventor podrá suspender la producción o la aceptación del material.

##### *4.17.4.1 Medidas individuales*

Se elaborarán gráficos de control de mediciones individuales para mantener el control del proceso dentro de la tolerancia para la granulometría de los agregados, el contenido de asfalto y los vacíos en el agregado mineral.

Los gráficos de control emplearán los valores objetivo de la fórmula de trabajo de la mezcla asfáltica como indicadores de tendencia central para los siguientes parámetros de ensayo con los siguientes “*Límites de Acción y Suspensión*”:

**Tabla 11. Límites de los Gráficos de Control para Mediciones Individuales**

<b>Tamiz</b>	<b>Límite de Acción</b>	<b>Límite de Suspensión</b>
$\frac{3}{4}$ " (19.0 mm)	± 6%	± 9%
$\frac{1}{2}$ " (12.5 mm)	± 6%	± 9%
$\frac{3}{8}$ " (9.5 mm)	± 6%	± 9%
No. 4 (4.75 mm)	± 6%	± 9%
No. 16 (1.18 mm)	± 5%	± 7.5%
No. 50 (300 $\mu$ m)	± 3%	± 4.5%
No. 200 (75 $\mu$ m)	± 2%	± 3%
<b>Contenido de asfalto</b>	± 0.45%	± 0.70%
<b>VMA mínimo</b>	- 0.5%	- 1.0%

#### 4.17.4.2 Rango

Se elaborarán gráficos de control para controlar la variabilidad de la granulometría y del contenido de asfalto. El rango se trazará como la diferencia entre los dos resultados del ensayo para cada parámetro de control. Los Límites de Suspensión especificados a continuación se basan en un tamaño de muestra de  $n = 2$ . Si el Constructor elige realizar más de dos pruebas por lote, los límites de suspensión se ajustarán multiplicando el Límite de Suspensión por 1.18 para  $n = 3$  y por 1.27 para  $n = 4$ .

**Tabla 12. Límites de los Gráficos de Control Basados en el Rango**

<b>Tamiz</b>	<b>Límite de Suspensión</b>
$\frac{1}{2}$ " (12.5 mm)	11%
$\frac{3}{8}$ " (9.5 mm)	11%
No. 4 (4.75 mm)	11%
No. 16 (1.18 mm)	9%
No. 50 (300 $\mu$ m)	6%
No. 200 (75 $\mu$ m)	3.5%
<b>Contenido de asfalto</b>	0.8%

#### 4.17.4.3 Acción correctiva

El Programa de Control de Calidad del Constructor (PCCC) indicará que se tomarán las medidas apropiadas cuando se considere que el proceso está por fuera de la tolerancia establecida. El Plan contendrá reglas para evaluar cuándo un proceso está fuera de control y detallará qué medidas se tomarán para poner el proceso bajo control. Como mínimo, un proceso se considerará fuera de control y la producción se detendrá y se tomarán medidas correctivas si:

- (1) Un punto queda por fuera del Límite de Suspensión para mediciones individuales o rango, o
- (2) Dos puntos seguidos quedan por fuera del Límite de Acción para mediciones individuales.

#### 4.17.5 Reportes del Control de Calidad

El Constructor mantendrá registros y presentará informes diarios de las actividades de Control de Calidad de acuerdo con el Ítem C-100.

## 5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

### 5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad correspondientes a esta especificación.
- Verificar el acatamiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado de la fase de experimentación, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de las mezclas asfálticas.
- Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas y de las mezclas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, de extracción de asfalto y granulometría; así como controlar las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación aplicables a las mezclas elaboradas en caliente.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones del ligante en riegos de liga y curado e imprimaciones.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de las mezclas o lechadas asfálticas, durante el período de ejecución de las obras.
- Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y la resistencia al deslizamiento y comprobar la uniformidad de la superficie, siempre que ello corresponda.

El Interventor evaluará las fórmulas de trabajo presentadas por el Constructor y las aprobará cuando corresponda.

La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control se adelantará de acuerdo con las siguientes normas de ensayo INV E-201-13 para agregados pétreos y llenantes minerales, INV E-701-13 para materiales bituminosos e INV E-731-13 para mezclas asfálticas.

El Constructor rellenará con mezcla asfáltica, de la misma calidad de la extraída, y sin costo adicional para la Entidad, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno y compactará el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en esta especificación.

También cubrirá, sin costo para la Entidad, las áreas en las que el Interventor efectúe verificaciones de la dosificación de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas.

### 5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados estarán a cargo del Interventor.

El laboratorio empleado para el control de calidad deberá contar con personal capacitado y equipos debidamente calibrados. Los certificados de vigencia de los equipos empleados en el control de calidad no deberán tener una vigencia superior a un año.

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se deberá redondear “a la unidad más cercana” en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación, en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823-13.

Las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

### 5.2.1 Calidad del cemento asfáltico

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico serán los establecidos en el Artículo 410 de las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

### 5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

#### 5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 3 y la Tabla 4.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos (2) muestras y sobre ellas se determinará la densidad bulk, según la norma INV E-225-13.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en numeral 2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

#### 5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 13 para los agregados grueso y fino y en la Tabla 14 para el llenante mineral de aporte.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

**Tabla 13. Ensayos de Verificación sobre los Agregados para Mezclas en Caliente de Gradación Continua**

Característica	Método	Frecuencia
Granulometría	INV E-213-13 INV E-214-13	Una (1) vez por jornada
Resistencia a la degradación	INV E-218-13	Una (1) vez por mes
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	INV E-220-13	Una (1) vez por mes
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	INV E-211-13	Una (1) vez por semana
Porcentaje de partículas fracturadas	INV E-227-13	Una (1) vez por jornada
Partículas aplanadas, partículas alargadas, o partículas aplanadas y alargadas	INV E-240-13	Una (1) vez por semana

Característica	Método	Frecuencia
Límite líquido	INV E-125-13	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	INV E-125-13 INV E-126-13	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	INV E-133-13	Una (1) vez por jornada
Angularidad de la fracción fina, método A	INV E-239-13	Una (1) vez por jornada

**Tabla 14. Ensayos de Verificación sobre el Llenante Mineral de Aporte para Mezclas en Caliente de Gradación Continua**

Característica	Método	Frecuencia
Granulometría	INV E-123-13	Una (1) vez por suministro
Densidad bulk	INV E-225-13	Una (1) vez por semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

### 5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se controlará el aspecto de la mezcla y se medirá su temperatura. Se rechazarán todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustibles. En este último caso y cuando la planta sea del tipo discontinuo, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

#### 5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 5.2.5.1, se determinará el contenido de asfalto residual con el método INV E- 732-13. El contenido de asfalto para el día se determinará promediando los resultados de los ensayos.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\% \quad [401.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5%), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\% \quad [401.2]$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y se reconstruirá a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto. El material fresado

será de propiedad del Constructor.

#### 5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782-13. La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 6, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 4.2. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se rechazará el lote.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y reconstruida a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto. El material fresado será de propiedad del Constructor.

#### 5.2.3.3 Humedad de los agregados

El contenido de humedad del agregado utilizado para la producción se determinará como mínimo una vez al día de acuerdo con el método INV E-216-13.

### 5.2.4 Calidad de la mezcla

#### 5.2.4.1 Vacíos con aire de probetas compactadas

Se tomarán como mínimo dos (2) muestras del material de cada lote de acuerdo con el método INV E-730-13. Las muestras se tomarán del material depositado en las volquetas en la planta o en el lugar de la obra de acuerdo con el método INV E-731-13. La muestra de asfalto puede colocarse en una lata de metal cubierta y colocarse en un horno durante no menos de 30 minutos ni más de 60 minutos para mantener el material en o por encima de la temperatura de compactación definida en la fórmula de trabajo.

Se compactarán dos (2) probetas por muestra para verificar en el laboratorio su gravedad específica bulk con los métodos INV E-733-13 o INV E-802-13, y su estabilidad y flujo en el ensayo Marshall con los métodos INV E-748-13 o INV E-800-13, según corresponda. La compactación se hará aplicando en número de golpes indicado en la Tabla 9.

Asimismo, sobre una muestra representativa de la mezcla del lote, se determinará la gravedad específica máxima (*D<sub>mm</sub>*), mediante las normas de ensayo INV E-735-13 o INV E-803-13.

Para cada una de las probetas se calcularán los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736-13, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima (*D<sub>mm</sub>*) de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro (4) probetas se deberá encontrar en el rango establecido en la Tabla 9, sin que ningún valor individual se pueda alejar en más de medio por ciento (0.5 %) de este.

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de estabilidad y flujo. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y reconstruida a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Si el requisito de vacíos con aire se cumple, se procederá a determinar la estabilidad y el flujo de las cuatro (4) probetas.

#### 5.2.4.2 Estabilidad

La estabilidad media de las cuatro (4) probetas ( $E_m$ ) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo ( $E_t$ ).

$$E_m \geq 0.90 \cdot E_t \quad [401.3]$$

Ningún valor individual ( $E_i$ ) podrá exceder en más de veinticinco por ciento (25 %) el valor de estabilidad de la fórmula de trabajo ( $E_t$ ), ni encontrarse por debajo del valor mínimo ( $E_{mín}$ ) establecido en la Tabla 9.

$$1.25 \cdot E_t \geq E_i \geq E_{mín} \quad [401.4]$$

Además, la estabilidad de cada probeta ( $E_i$ ) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio de estabilidad ( $E_m$ ), admitiéndose sólo un valor individual por debajo de ese límite.

$$E_i \geq 0.80 \cdot E_m \quad [401.5]$$

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y reconstruirse a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto. El material fresado será de propiedad del Constructor.

#### 5.2.4.3 Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad ( $F_m$ ) se deberá encontrar entre el ochenta por ciento (80%) y el ciento veinte por ciento (120%) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo ( $F_t$ ), pero no se permitirá que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en la Tabla 9.

$$0.80 \cdot F_t \leq F_m \leq 1.20 \cdot F_t \quad [401.6]$$

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido en la Tabla 9, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el Interventor decidirá, al compararlo con las estabilidades, si el lote debe rechazarse o aceptarse.

#### 5.2.4.4 Relación estabilidad / flujo

Se calculará esta relación para las cuatro (4) probetas elaboradas para el control de estabilidad y flujo en cada lote.

Los valores obtenidos se deberán encontrar dentro de los límites establecidos en la Tabla 9. Si al menos uno de los valores calculados queda por fuera de dichos límites, se rechazará el lote, así los valores individuales de estabilidad y de flujo sean satisfactorios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y reconstruirse a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto. El material fresado será de propiedad del Constructor.

#### 5.2.4.5 Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el Interventor lo considere conveniente, de acuerdo con el aspecto y comportamiento de la mezcla colocada, se verificará en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en el método INV E-725-13.

Al efecto, se moldearán seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda, determinándose la resistencia promedio de cada grupo como lo establece el método. La resistencia del grupo curado en húmedo deberá ser, cuando menos, ochenta por ciento (80%) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad. La saturación del grupo curado en húmedo deberá estar entre setenta por ciento (70%) y ochenta por ciento (80%).

El incumplimiento de este requisito implicará la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes cuya mezcla considere el Interventor que puede presentar este problema (seis núcleos por lote, tres curados en seco y tres bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito se rechazarán.

Además, los trabajos se deberán suspender hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

#### 5.2.4.6 Contenido de agua de la mezcla

Siempre que la apariencia de la mezcla indique la posible presencia de agua en ella, se determinará el contenido de agua en la mezcla asfáltica, según los métodos INV E-755-13 o INV E-783-13.

El contenido de agua en cualquier mezcla asfáltica en caliente no podrá ser mayor de medio por ciento (0.5 %). Los volúmenes de mezcla que no cumplan con este requisito se rechazarán.

#### 5.2.4.7 Verificación de temperaturas

Se deben verificar las temperaturas, al menos cuatro (4) veces al día, en los lugares necesarios para determinar las temperaturas del secador, el ligante asfáltico en el tanque de almacenamiento, el concreto asfáltico en la planta y el concreto asfáltico en la obra.

### 5.2.5 Calidad del producto terminado

#### 5.2.5.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en caliente:

- Mil metros cuadrados (1,000 m<sup>2</sup>) de mezcla en caliente colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Cuando más de una planta esté produciendo concreto asfáltico simultáneamente para la obra, los tamaños de lote se aplicarán por separado para cada planta.

### 5.2.5.2 Aspectos generales

La capa terminada de mezcla asfáltica en caliente deberá presentar una superficie uniforme y se deberá ajustar a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

Las cotas se evaluarán a diario para permitir ajustes en las operaciones de pavimentación cuando no se cumpla con esta especificación. Como mínimo, las cotas se evaluarán antes y después de la colocación de la primera capa y después de la colocación de la capa de rodadura. Las medidas se tomarán, como mínimo, en el centro y los bordes del carril de pavimentación y con el espaciamiento longitudinal que se muestra en las secciones transversales y los planos. Las secciones transversales del pavimento se tomarán con un espaciamiento longitudinal mínimo de 15 m y en todos los cambios longitudinales de pendiente. Los puntos mínimos de la sección transversal incluirán el eje,  $\pm 3$  m del eje y el borde del pavimento de las pistas y calles de rodaje.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada no deberá variar en más de doce milímetros (12 mm) de la proyectada en capas de base y la variación no podrá exceder de diez milímetros (10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

La topografía y la documentación deberán estar firmadas por un topógrafo profesional. El Constructor proporcionará la documentación al Interventor al final del siguiente día hábil.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deberán corregirse por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

Además, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

### 5.2.5.3 Compactación

#### 5.2.5.3.1 Compactación de las capas

La determinación de la densidad de la capa compactada se realizará, como mínimo, en cinco (5) sitios por lote. Los sitios para la toma de muestras o las mediciones in situ se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730-13, pero de manera que se realice al menos una prueba por cada doscientos metros cuadrados (200 m<sup>2</sup>).

Las muestras testigo tendrán un diámetro mínimo de 125 mm y se obtendrán de acuerdo con el método INV E-758-13. Las muestras para evaluar la densidad de la capa no se deben tomar a menos de treinta centímetros (30 cm) de una junta transversal o longitudinal.

El Constructor deberá proporcionar todas las herramientas, mano de obra y materiales para limpiar y rellenar las perforaciones de las muestras en el pavimento. La lechada producida por la operación de extracción de las muestras se eliminará inmediatamente después de la extracción. Los agujeros se rellenarán máximo un día después del muestreo con un procedimiento aprobado por el Interventor.

Para el control de la compactación de una capa mezcla en caliente de gradación continua, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y de los ensayos de gravedad específica máxima ( $D_{mm}$ ) de laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{D_i}{G_{mm} \times \gamma_w} \times 100 \quad [401.7]$$

Donde:

$GC_i$  : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$D_i$ : Valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos en las normas INV E-733-13, INV E-734-13, INV E-746-13, INV E-787-13 o INV E-802-13.

$G_{mm}$ : Valor de la gravedad específica máxima de la mezcla, determinada mediante los métodos INV E-735-13 o INV E-803-13 sobre una muestra representativa del lote, según el numeral 5.2.4.1.

$\gamma_w$ : Densidad del agua a 25° C, expresada en las mismas unidades que  $D_i$  (997.0 kg/m<sup>3</sup> o 0.997 g/cm<sup>3</sup>).

Para el control de la compactación se aplicarán los siguientes criterios:

$$GC_I(90) \geq GC_{\min} \text{ se acepta el lote} \quad [401.8]$$

$$GC_I(90) < GC_{\min} \text{ se rechaza el lote} \quad [401.9]$$

Donde:

$GC_I(90)$ : Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90 %, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107 “Control y aceptación de los trabajos” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, a partir de los valores individuales del grado de compactación  $GC_i$ .

$GC_{\min}$ : Grado de compactación mínimo, en porcentaje, según la Tabla 15.

Para los fines de determinar la conformidad con los valores indicados en la Tabla 15, el valor calculado del grado de compactación, expresado en porcentaje, se deberá redondear al primer decimal, en acuerdo con el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

**Tabla 15. Grado de Compactación Mínimo,  $GC_{\min}$**

Tipo de capa	Grado de compactación mínimo
Rodadura	93.0 %
Intermedia	92.0 %
Base	91.0 %
Nivelación	91.0 %
Junta	91.0 %

Sólo se aceptará la determinación de la densidad de la capa compactada por medio de densímetros nucleares (método INV E-746-13) si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

#### 5.2.5.3.2 Compactación de las juntas

En los lotes que contengan una junta longitudinal se tomará una muestra centrada sobre la dicha junta. El Interventor determinará la ubicación de la muestra de acuerdo con el método INV E-730-13.

La densidad de cada muestra se determinará por alguno de los métodos descritos en las normas INV E-733-13, INV E-734-13, INV E-746-13, INV E-787-13 o INV E-802-13.

El grado de compactación de cada muestra se determinará como se indica en el numeral 5.2.5.3.1, considerando la gravedad específica máxima del lote. Para juntas formadas entre lotes adyacentes se considerará la menor gravedad específica máxima de estos. La junta deberá tener el grado de compactación mínimo indicado en la Tabla 15.

En caso de rechazo por compactación de la capa o las juntas, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y reconstruirse a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto.

#### 5.2.5.4 *Espesor*

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada ( $e_m$ ), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño ( $e_d$ ).

$$e_m \geq e_d \quad [401.10]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual ( $e_i$ ) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85%) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 \cdot e_d \quad [401.11]$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se procederá como se indica a continuación. Todas las labores de corrección las deberá ejecutar el Constructor sin cargo adicional para el proyecto.

#### 5.2.5.4.1 Para capas de rodadura

El Constructor procederá a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado.

#### 5.2.5.4.2 Para capas intermedias

Si el espesor promedio del lote es inferior al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño ( $e_m < 0.9 \cdot e_d$ ), la capa que constituye el lote se rechazará y deberá levantarse mediante fresado y reconstruirse en el espesor adecuado, a satisfacción del Interventor, sin costo alguno para el proyecto.

Si el espesor promedio del lote es igual o mayor al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño ( $e_m \geq 0.9 \cdot e_d$ ) y no existen deficiencias de lisura en la capa terminada, se autorizará compensar la deficiencia de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa de rodadura, sin costo adicional para el proyecto.

#### 5.2.5.4.3 Para capas de base

Si el espesor promedio del lote es inferior al ochenta por ciento (80%) del espesor de diseño ( $e_m < 0.8 \cdot e_d$ ), la capa que constituye el lote se rechazará y deberá levantarse mediante fresado y reconstruirse en el espesor adecuado, a satisfacción del Interventor, sin costo alguno para el proyecto.

Si el espesor promedio del lote es igual o mayor al ochenta por ciento (80%) del espesor de diseño ( $e_m \geq 0.8 \cdot e_d$ ) y no existen deficiencias de lisura en la capa terminada, se autorizará compensar la deficiencia de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa de rodadura, sin costo adicional para el proyecto.

En todos los casos en que la mezcla deba ser fresada y reconstruida por presentar deficiencias en relación con el espesor, el material fresado será de propiedad del Constructor.

#### 5.2.5.5 *Liga o adherencia entre capas*

Cada capa de concreto asfáltico se ligará a la capa subyacente. Si los núcleos revelan que la capa no está ligada, se tomarán núcleos adicionales, según lo indique el Interventor, para determinar la extensión de las áreas no ligadas.

Las áreas no ligadas se eliminarán mediante fresado y se reconstruirán, sin costo adicional para el proyecto, según lo indique el Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

#### 5.2.5.6 *Segregación térmica*

El Constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciado de acuerdo con el método INV E-788-13. Estos registros deben entregarse a la Interventoría a más tardar una semana después de la pavimentación del sector fotografiado y antes de la toma de núcleos para verificar la densidad.

Estas fotografías tendrán dos usos:

- Durante la construcción, el Interventor puede ordenar la toma de núcleos en los sitios donde las imágenes muestren la presencia de sitios de menor temperatura, para verificar el porcentaje de vacíos de la mezcla colocada.
- Al final de la obra, las imágenes se incluirán en el Informe Final de Interventoría y servirán a la Entidad como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el periodo de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de las capas asfálticas.

#### 5.2.5.7 *Planicidad*

La superficie terminada de las capas de base, intermedia o rodadura no podrá presentar zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de un cuarto de pulgada (¼ pulgada – 6.35 mm) cuando se compruebe con una regla de doce pies (12 pies – 365.76 cm) de acuerdo con el método ASTM E1703.

#### 5.2.5.8 *Textura*

Las medidas de textura se realizarán a los pocos días de terminada la capa, empleando el método descrito en el método INV E-791-13.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se elegirán al azar, de acuerdo con el método INV E-730-13. La profundidad media de textura del lote no podrá ser inferior a un milímetro (1.00 mm). Ningún valor individual podrá ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y no podrán existir áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de rodadura correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y reconstruirse a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto, quedando el material fresado de propiedad del Constructor.

#### 5.2.5.9 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la terminación del pavimento se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en caliente construidas para servir como capa de rodadura.

La medida de la resistencia al deslizamiento se hará para toda la pista o para una parte significativa de la misma, a criterio del Interventor, y por lo menos a dos velocidades diferentes. Las medidas se realizarán empleando cualquiera de los equipos y procedimientos indicados en la Tabla 16, la cual se ha adaptado de la Tabla A-1 del “Adjunto A. Orientación Complementaria de la Parte 14.3 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia”.

**Tabla 16. Valores de Rozamiento para Nuevas Superficies de Pista**

Equipo de ensayo	Neumático de ensayo		Velocidad de ensayo (km/h)	Profundidad del agua en ensayo con agua (mm)	Objetivo de diseño para nuevas superficies de pistas
	Tipo	Presión (kPa)			
Remolque medidor del valor de Mu con neumáticos según ASTM E670 Ap. A2 ( <i>Mu-meter</i> )	A	70	65	1.0	0.72
	A	70	95	1.0	0.66
Deslizómetro con neumático según ASTM E1551 ( <i>Skidometer</i> )	B	210	65	1.0	0.82
	B	210	95	1.0	0.74
Vehículo medidor del rozamiento en la superficie con neumático según ASTM E1551 ( <i>Airport Surface Friction Tester</i> )	B	210	65	1.0	0.82
	B	210	95	1.0	0.74
Vehículo medidor del rozamiento en la pista con neumático según ASTM E1551 ( <i>Runaway Friction Tester</i> )	B	210	65	1.0	0.82
	B	210	95	1.0	0.74
Vehículo medidor del rozamiento TATRA con neumático según ASTM E1551 ( <i>TATRA Friction Tester</i> )	B	210	65	1.0	0.76
	B	210	95	1.0	0.67
Remolque medidor de asimiento ( <i>Griptester Friction Meter</i> )	C	140	65	1.0	0.74
	C	140	95	1.0	0.64

Los valores de rozamiento de la Tabla 16 son valores absolutos y han de aplicarse sin ninguna tolerancia. Estos valores se obtuvieron a partir de los estudios de investigación realizados por la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI). Los procedimientos de ensayo aplicables a cada equipo pueden consultarse en el documento “Doc 9137 AN 898 Manual de Servicios de Aeropuertos Parte 2. Estado de la superficie de los pavimentos” publicado por la OACI.

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el

proyecto. Para ello, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y reponerse a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto, quedando el material fresado de propiedad del Constructor.

#### 5.2.5.10 Regularidad superficial

La evaluación final con perfilógrafo debe abarcar todo el proyecto para facilitar la evaluación de rugosidad entre los lotes de mezcla asfáltica. El Interventor evaluará la rugosidad del proyecto terminado con un perfilógrafo que cumpla con los requisitos del método ASTM E1274 o un perfilador inercial de Clase I que cumpla con el método ASTM E950. Los datos y resultados se entregarán dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes a la realización de los ensayos.

El pavimento deberá tener un “Índice de Perfil” promedio del perfilógrafo menor que quince (15) pulgadas por milla por décimo (1/10) milla. Las unidades del sistema inglés son estándar para este ensayo.

El perfilógrafo incluirá grabación electrónica y reducción computarizada y automática de los datos para identificar abultamientos que “deban rectificarse” y obtener el Índice de Perfil del pavimento empleando una banda de supresión (“blanking band”) de 0.2 pulgadas (5 mm). La plantilla de abultamientos (“bump template”) debe abarcar una (1) pulgada (25 mm) con un desplazamiento de 0.4 pulgadas (10 mm).

El perfilógrafo debe calibrarse antes de su uso y será operado por un técnico debidamente capacitado por el fabricante del equipo.

Los perfilogramas se registrarán con una escala longitudinal de una (1) pulgada (25 mm) igual a veinticinco (25) pies (7.5 m) y una escala vertical de una (1) pulgada (25 mm) igual a una (1) pulgada (25 mm).

El perfilógrafo se aplicará sobre cuatro (4) perfiles longitudinales: dos (2) a treinta centímetros (30 cm) y dos (2) cuatro y medio metros (4.5 metros) a derecha e izquierda de la línea central del proyecto.

Cualquier área que indique que “debe rectificarse” se corregirá mediante fresado y reconstrucción del espesor total de la capa de rodadura de concreto asfáltico como lo indique el Interventor y sin costo adicional para el proyecto. El material fresado será de propiedad del Constructor.

Luego de hacer las correcciones se realizará una segunda pasada del perfilógrafo para verificar que las estas produjeron un Índice de Perfil promedio menor que quince (15) pulgadas por milla por décimo (1/10) milla.

La medida de regularidad con perfilógrafo no se aplicará en los pavimentos de las plataformas de aviación.

La Entidad conservará una copia de la medida y resultados de rugosidad con el perfilógrafo para su inclusión en el Programa de Gestión del Mantenimiento de los Pavimentos del Aeropuerto.

#### 5.2.5.11 Construcción de capas de nivelación

La capa de nivelación solo se empleará cuando existe la necesidad de restaurar la sección transversal antes de la construcción de una sobrecapa asfáltica. Las áreas del pavimento que requieren una capa de nivelación se mostrarán en los planos.

La mezcla para la construcción de capas de nivelación de un pavimento existente deberá cumplir los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, deberá cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

La capa de nivelación se debe compactar con la misma energía empleada para lograr la densidad de la franja de control descrita en el numeral 4.4.1.

#### 5.2.5.12 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a las capas asfálticas por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del Contrato.

## 6 MÉTODO DE MEDIDA

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>) aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla elaborada, suministrada y compactada en obra a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en esta especificación.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor especificados en los planos u ordenados por el Interventor. No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

## 7 BASE DE PAGO

### 7.1 Aspectos generales

En los casos en que el trabajo incluya el empleo de agregados pétreos vírgenes, el precio unitario deberá cubrir todos los costos de su adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; la obtención de licencias ambientales, las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos y llenante mineral, desperdicios, cargues, transportes, descargues, clasificación, colocación, mezcla, extensión y compactación de los materiales utilizados, en los casos en que ello corresponda.

También, deberá incluir los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “Aspectos Ambientales” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia y en la normativa ambiental vigente; así como los costos de la definición de la fórmula de trabajo cuando se requiera; los de la fase de experimentación; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

En relación con los explosivos, el Constructor deberá considerar dentro del respectivo precio unitario todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio e instante de utilización.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir el barrido y soplado de la superficie existente; la preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no haga parte del mismo Contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

## **7.2 Ejecución de mezclas asfálticas en caliente**

El pago se hará al respectivo precio unitario del Contrato, por metro cúbico (m<sup>3</sup>), para toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de la elaboración, colocación, nivelación y compactación de las mezclas elaboradas. El precio unitario también deberá incluir el suministro y aplicación del asfalto para la pintura de adherencia en las juntas del pavimento y en las caras verticales y la superficie sobre la cual se colocará mezcla asfáltica durante el relleno de las excavaciones para reparación del pavimento existente y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva, así como los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

El precio unitario deberá incluir los costos por el registro fotográfico infrarrojo para establecer las temperaturas de colocación y compactación de las mezclas en obra.

El pago se hará bajo el ítem:

Ítem P-401.7-1. Concreto Asfáltico para Pavimentación – capa de rodadura por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem P-401.7-2. Concreto Asfáltico para Pavimentación – capa intermedia por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem P-401.7-3. Concreto Asfáltico para Pavimentación – capa de base por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Ítem P-401.7-4. Concreto Asfáltico para Pavimentación – capa de nivelación por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

**\*\* Fin del Ítem P-401 Concreto Asfáltico para Pavimentación \*\***

# Ítem P-501 Pavimento de Concreto de Cemento

## 1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo se refiere a la construcción de un pavimento de concreto hidráulico con juntas; y consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y el vibrado de una mezcla de concreto hidráulico en forma de losas, con o sin refuerzo; la ejecución y el sellado de juntas; el acabado, el curado y las demás actividades necesarias para la correcta construcción del pavimento de concreto hidráulico, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto o ajustados por el Interventor.

## 2 MATERIALES

### 2.1 Concreto

Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento con o sin adiciones, agua, agregados fino y grueso y aditivos, cuando estos últimos se requieran, materiales que deberán cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

#### 2.1.1 Cemento

El cemento utilizado será hidráulico, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo indicado en el Artículo 501 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general: Portland tipo I (norma ASTM C150); tipo IS o IP (norma ASTM C595); o tipo GU (norma ASTM C1157).

El Constructor deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla. Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no podrá utilizarse. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

#### 2.1.2 Materiales cementantes

##### a. Cenizas volantes

Las cenizas volantes deben cumplir con los requisitos de la especificación ASTM C618, con la excepción de la pérdida de ignición, donde el valor máximo deberá ser menor que 6%. Las cenizas volantes deben tener un contenido de óxido de calcio (CaO) menor que 15% y un contenido de álcali total menor que 3% según el método ASTM C311. El Constructor proporcionará los tres informes consecutivos más recientes de la evaluación de la conformidad con la especificación ASTM C618 de cada fuente de cenizas volantes propuesta para la mezcla de concreto, y proporcionará cada informe adicional a medida que estén disponibles durante el proyecto. El Interventor podrá emplear estos informes para la aceptación del material o realizar una evaluación independiente.

##### b. Cemento de escoria o cemento de alto horno granulado y molido

El cemento de escoria debe cumplir con la especificación ASTM C989, grado 100 o grado 120. El cemento de escoria se debe usar solo en una proporción entre el 25% y el 55% del material cementante total en masa.

### c. Puzolana natural cruda o calcinada

La puzolana natural debe ser cruda o calcinada y debe cumplir con la especificación ASTM C618, Clase N, incluidos los requisitos opcionales de uniformidad y efectividad en el control de la reacción álcali-sílice y debe tener una pérdida por ignición que no exceda el 6%. La puzolana de clase N, para la mitigación de la reactividad álcali-sílice, debe tener un contenido total de álcali disponible inferior al 3%.

### 2.1.3 Agua

El agua que se emplee para las mezclas de concreto hidráulico deberá ser limpia y libre de aceites, ácidos, azúcar, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial al concreto terminado. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación.

Cuando se empleen otras fuentes o cuando se mezcle agua de dos o más procedencias, el agua deberá calificarse mediante ensayos. Los requisitos primarios para esta calificación serán los incluidos en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Requisitos del Agua para la Mezcla de Concreto Hidráulico**

Propiedad	Método	Límites
pH	ASTM D1293	5.5 – 8.5
Resistencia a la compresión en control a siete (7) días	INV E-410-13	Mínimo 90%
Tiempo de fraguado, desviación respecto del tiempo de control (horas: minutos)	ASTM C403	De 1:00 inicial a 1:30 final

El requisito de resistencia a compresión se refiere al porcentaje mínimo de resistencia a compresión a veintiocho (28) días de una mezcla de concreto con el agua que se desea emplear, respecto de otra elaborada con los mismos agregados y cemento, en las mismas proporciones, pero empleando un agua calificada, pudiéndose emplear agua destilada para este fin.

En relación con el requisito sobre tiempo de fraguado, las medidas se realizarán mediante la resistencia a penetración de morteros extraídos de muestras de concreto, elaboradas como se describió en el párrafo anterior.

Los requisitos que se muestran en la Tabla 2 se consideran opcionales y sirven solamente para que el productor de la mezcla mantenga documentada la química y el contenido del agua de mezclado, salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular invoquen el cumplimiento de uno o más de ellos.

**Tabla 2. Límites Químicos Opcionales para el Agua para la Mezcla de Concreto Hidráulico**

Contaminante	Método	Límite máximo (ppm) <sup>(2)</sup>
Ion Cloro (Cl <sup>-</sup> )	ASTM C114	1,000
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )	ASTM C114	3,000
Álcalis como (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O)	ASTM C114 <sup>(1)</sup>	600
Sólidos totales por masa	ASTM C1603	5,000

(1) Se pueden emplear también las normas ASTM D 4191 y ASTM D4192.

(2) PPM: Partes por millón.

### 2.1.4 Agregado fino

Se considera como tal, la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo con los documentos del proyecto. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más de treinta por ciento (30 %) de la masa del agregado fino.

El agregado fino deberá satisfacer el requisito granulométrico señalado en la Tabla 3. Además de ello, la gradación del agregado fino escogida para el diseño de la mezcla no podrá presentar más de cuarenta y cinco por ciento (45%) de material retenido entre dos tamices consecutivos y su módulo de finura se deberá encontrar entre 2.5 y 3.4. Siempre que el módulo de finura varíe en más de dos décimas (0.2) respecto del obtenido con la gradación escogida para definir la fórmula de trabajo, se deberá ajustar el diseño de la mezcla.

**Tabla 3. Granulometría para el Agregado Fino para Pavimentos de Concreto Hidráulico**

Tamaño de tamiz	Porcentaje en peso que pasa el tamiz
¾ pulgada (9.5 mm)	100
No. 4 (4.75 mm)	95 – 100
No. 8 (2.36 mm)	80 – 100
No. 16 (1.18 mm)	50 – 85
No. 30 (600 µm)	25 – 60
No. 50 (300 µm)	5 – 30
No. 100 (150 µm)	0 – 10
No. 200 (75 µm)	0 – 3

El agregado fino deberá cumplir, además, los requisitos de calidad indicados en la Tabla 4.

**Tabla 4. Requisitos del Agregado Fino para Pavimentos de Concreto Hidráulico**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	Pérdida luego de cinco ciclos: 10% máximo empleando sulfato de sodio o 15% máximo empleando sulfato de magnesio	INV E-220-13
Índice de plasticidad	NP	INV E-126-13
Equivalente de arena	60% mínimo	INV E-133-13
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	1.0% máximo	INV E-211-13
Partículas livianas	0.5% máximo	INV E-221-13
Contenido de carbón y lignito	0.5% máximo empleando un medio con un peso específico de 2.0	INV E-221-13
Contenido total de material deletéreo	1.0% máximo	--
Color más oscuro permisible	Igual a la muestra patrón	INV E-212-13
Contenido de sulfatos expresado como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1.2% máximo	INV E-233-13
Absorción de agua	4% máximo	INV E-222-13

Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la Tabla 4 para el contenido de materia orgánica, se podrá aceptar si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, se obtiene una resistencia relativa a siete (7) días no menor de noventa y cinco por ciento (95 %), calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma de ensayo ASTM C87.

### 2.1.5 Agregado grueso

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Dicho agregado deberá proceder fundamentalmente de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla.

No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

Su gradación se deberá ajustar a lo señalado en la Tabla 5.

**Tabla 5. Granulometría para el Agregado Grueso para Pavimentos de Concreto Hidráulico**

Tamaño de tamiz	Porcentaje en peso que pasa el tamiz
1½ pulgada (37.5 mm)	100
1 pulgada (25 mm)	95 – 100
½ pulgada (12.5 mm)	25 – 60
No. 4 (4.75 mm)	0 – 10
No. 8 (2.36 mm)	0 – 5

El tamaño máximo nominal del agregado no deberá superar un tercio ( $\frac{1}{3}$ ) del espesor de diseño del pavimento. El agregado grueso deberá cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la Tabla 6.

**Tabla 6. Requisitos del Agregado Grueso para Pavimentos de Concreto Hidráulico**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Resistencia a la degradación	Pérdida: 40% máximo	
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	Pérdida luego de cinco ciclos: 10% máximo empleando sulfato de sodio o 15% máximo empleando sulfato de magnesio	INV E-220-13
Partículas aplanadas, partículas alargadas, o partículas aplanadas y alargadas	8% máximo, por peso, de partículas aplanadas, alargadas, o aplanadas y alargadas para cualquier fracción retenida en el tamiz de $\frac{3}{8}$ de pulgada (9.5 mm) <sup>(1)</sup>	INV E-240-13
Porcentaje de partículas fracturadas	Mínimo 60% en peso de partículas con al menos una cara fracturada	INV E-227-13
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	1.0% máximo	INV E-211-13
Material que pasa el tamiz No. 200 (75 µm)	1.0% máximo <sup>(2)</sup>	INV E-214-13
Partículas livianas	0.5% máximo empleando un medio con un peso específico de 2.0	INV E-221-13

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Resistencia a la degradación	Pérdida: 40% máximo	
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	Pérdida luego de cinco ciclos: 10% máximo empleando sulfato de sodio o 15% máximo empleando sulfato de magnesio	INV E-220-13
Partículas aplanadas, partículas alargadas, o partículas aplanadas y alargadas	8% máximo, por peso, de partículas aplanadas, alargadas, o aplanadas y alargadas para cualquier fracción retenida en el tamiz de 3/8 de pulgada (9.5 mm) <sup>(1)</sup>	INV E-240-13
Porcentaje de partículas fracturadas	Mínimo 60% en peso de partículas con al menos una cara fracturada	INV E-227-13
Partículas de esquisto o pizarra con peso específico menor que 2.4	0.1% máximo empleando un medio con un peso específico de 2.4	INV E-221-13
Contenido de sulfatos expresado como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1.0% máximo	INV E-233-13
Reactividad álcali – agregado grueso y fino: Concentración SiO <sub>2</sub> y reducción de alcalinidad R	SiO <sub>2</sub> ≤ R cuando R ≥ 70 SiO <sub>2</sub> < 35 + 0.5R cuando R < 70	INV E-234-13

- (1) Una partícula aplanada es la que tiene una relación entre el ancho y el espesor mayor que cinco (5); una partícula alargada es la que tiene una relación entre la longitud y el ancho mayor que cinco (5).
- (2) Se permitirá aumentar el límite para material pasante de 75 µm a 1.5% para los agregados triturados que consisten en polvo de trituración esencialmente libre de arcilla o lutita. Con el diseño de la mezcla de concreto deberán enviarse los resultados de los ensayos que respalden la aceptación del límite de 1.5% y una declaración que indique que el material es polvo de trituración. Las técnicas aceptables para caracterizar estos finos incluyen el análisis de adsorción con azul de metileno o de difracción de rayos X.

Siempre que se requiera la mezcla de dos (2) o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la Tabla 6 para dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deberán ser satisfechos de manera independiente por cada uno de ellos. La limpieza y las propiedades geométricas se medirán sobre muestras del agregado combinado en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

### 2.1.6 Granulometría del agregado combinado

Esta especificación considera una granulometría combinada de agregados desarrollada siguiendo los lineamientos del documento “United States Air Force Engineering Technical Letter (ETL) 97-5: Proportioning Concrete Mixtures with Graded Aggregates for Rigid Airfield Pavements”<sup>1</sup>.

La granulometría de los agregados se basará en la combinación de todos los agregados (gruesos y finos) que se emplearán en la dosificación de la mezcla. Es posible que se requieran tres tamaños de agregado para lograr una gradación combinada optimizada que produzca una mezcla de concreto con la trabajabilidad adecuada para el uso previsto. Se deberán emplear fracciones de agregados que produzcan mezclas de concreto con combinaciones optimizadas o bien gradadas.

El Constructor deberá presentar toda la información necesaria sobre la mezcla para calcular los componentes volumétricos de esta. La granulometría del agregado combinado debe cumplir los siguientes requisitos:

<sup>1</sup> Disponible en: <https://www.wbdg.org/ffc/dod/supplemental-technical-criteria/tspwg-m-3-250-04-97-05>

(1) Los materiales seleccionados y las proporciones empleadas deberán ser tales que cuando el factor de aspereza (FA) y el factor de trabajabilidad (FT) se tracen en el diagrama descrito en el numeral 2.1.6 (4) el punto así determinado esté dentro del paralelogramo definido en el mismo.

(2) El factor de aspereza (FA) se determinará a partir de la siguiente ecuación:

$$FA = \frac{\text{Porcentaje retenido acumulado en el tamiz } \frac{3}{8} \text{ de pulgada (9.5 mm)} \times 100}{\text{Porcentaje retenido acumulado en el tamiz No. 8 (2.36 mm)}}$$

(3) El factor de trabajabilidad (FT) se define como el porcentaje que pasa por el tamiz No. 8 (2.36 mm) de la gradación combinada. El factor de trabajabilidad se ajustará en 2.5 puntos porcentuales adicionales por cada 42 kg de material cementante por metro cúbico de concreto para dosificaciones por encima de 335 kg de material cementante por metro cúbico.

(4) Se trazará un diagrama empleando una escala aritmética con FT en el eje Y variando de 20 (abajo) a 45 (arriba), y con FA en el eje X variando de 80 (lado izquierdo) a 30 (lado derecho). En este diagrama se trazará un paralelogramo con esquinas en las siguientes coordenadas (FA = 75, FT = 28), (FA = 75, FT = 40), (FA = 45, FT = 32.5) y (FA = 45, FT = 44.5).

Si el punto determinado por la intersección de los factores de aspereza y trabajabilidad calculados para la gradación combinada no cae dentro de este paralelogramo, deberán modificarse la granulometría de cada fracción y sus proporciones según sea necesario. El punto determinado por el trazado del FA y del FT puede ajustarse durante la producción en  $\pm 3$  para FT y  $\pm 5$  para FA. Los ajustes a la granulometría no deben sacar el punto fuera del paralelogramo de control.

### 2.1.7 Reactividad

Para evaluar la posibilidad de que se presenten expansiones perjudiciales en el concreto debido a la reactividad de los agregados con los álcalis del cemento (reactividad álcali-sílice o álcali-carbonatos), se deberán seguir los lineamientos de las normas ASTM C33 “Standard Specification for Concrete Aggregates” y NTC174 “Concretos. Especificaciones de los Agregados para Concreto”.

#### 2.1.7.1 Evaluación de pavimentos en servicio comparables

Para calificar la reactividad potencial, deberá prevalecer, en la mayoría de los casos, la evaluación de pavimentos en servicio que sean comparables; los pavimentos deben haber sido construidos empleando los mismos agregados y el mismo cemento, y deben tener en general al menos 10 años de servicio bajo condiciones de exposición suficientemente parecidas a las de la nueva estructura que se va a construir.

#### 2.1.7.2 Inspección petrográfica

La inspección petrográfica para determinar si los agregados contienen sustancias que potencialmente pueden ser perjudicialmente reactivas y en qué cantidades están presentes, se deberá realizar siguiendo las normas ASTM C295 y NTC 3773.

### 2.1.7.3 Reactividad álcali-sílice

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base en los criterios de la Tabla 6, no debe utilizarse en la producción de concretos, a no ser que se demuestre que no es nocivo para el concreto con base en evaluaciones complementarias con los métodos ASTM C1260 y ASTM C1567.

- (1) El agregado grueso y el agregado fino deben ensayarse por separado de acuerdo con el método ASTM C1260, sin embargo, la duración del ensayo debe extenderse a 28 días (30 días desde la colada). Los ensayos deben completarse dentro de los seis (6) meses posteriores a la fecha de presentación de la mezcla de concreto.
- (2) El agregado grueso y fino combinado se ensayará de acuerdo con el método ASTM C1567, modificado para agregados combinados, empleando las proporciones propuestas en el diseño de la mezcla para agregados, materiales cementantes y/o químicos específicos reductores de reactividad. Si la expansión no supera el 0.10% a los 28 días, se aceptarán los materiales combinados propuestos. Si la expansión es mayor al 0.10% a los 28 días, los agregados no serán aceptados a menos que los ajustes a la mezcla de materiales combinados puedan reducir la expansión a menos del 0.10% a los 28 días, o se deberán evaluar nuevos agregados.
- (3) Si se propone el empleo de nitrato de litio, con o sin materiales cementantes suplementarios, los agregados se ensayarán de acuerdo con el documento C662 de la División de Investigación del Concreto (CRD) del Cuerpo de Ingenieros (COE) del Ejército de los EE. UU., en lugar del método ASTM C1567. Si se emplea el aditivo de nitrato de litio, este deberá tener un valor nominal de  $30\% \pm 0,5\%$  en peso de nitrato de litio en agua. Si la expansión no supera el 0.10% a los 28 días se aceptarán los materiales combinados propuestos. Si la expansión es mayor al 0.10% a los 28 días, los agregados no serán aceptados a menos que los ajustes a la mezcla de materiales combinados puedan reducir la expansión a menos del 0.10% a los 28 días, o se deben evaluar y ensayar nuevos agregados.

Si en la mezcla se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

### 2.1.7.4 Reactividad álcali-carbonatos

Los agregados fino y grueso no deberán presentar reactividad potencial de los carbonatos presentes en ellos con los álcalis del cemento. Aunque los agregados que pueden desarrollar potenciales reacciones perjudiciales álcali-carbonatos son poco frecuentes y rara vez hacen parte de los agregados con los cuales se elabora el concreto, si hay sospecha de su existencia se recurrirá a las normas de ensayo ASTM C586 o ASTM C1105 para calificar su potencial reactivo.

## 2.1.8 Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea el más adecuado para las condiciones particulares del pavimento por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con las dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin que se perturben las propiedades restantes de la mezcla, ni representen peligro para la armadura que pueda tener el pavimento.

Los aditivos por usar pueden ser los siguientes:

- a. Incluidores de aire, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C260. El agente incluidor de aire deberá ser compatible con cualquier aditivo reductor de agua que se utilice.

- b. Aditivos químicos, que pueden ser reductores de agua, acelerantes de fraguado y retardantes de fraguado, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C494, incluyendo el ensayo de resistencia a la flexión. Los aditivos reductores de agua se deberán incorporar en la mezcla separadamente de los inclusores de aire, de conformidad con las instrucciones del fabricante. No se empleará cloruro de calcio ni aditivos que contengan cloruro de calcio.
- c. Nitrato de litio: El aditivo de nitrato de litio será una solución acuosa nominal al 30% de nitrato de litio, con una densidad de 1.2 kg / litro, y debe tener la composición química aproximada que se muestra a continuación:

**Tabla 7. Aditivo de Nitrato de Litio**

<b>Constituyente</b>	<b>Límite (porcentaje por peso)</b>
LiNO <sub>3</sub> (nitrato de litio)	30% ± 0.5%
SO <sub>4</sub> (ion sulfato)	Máximo 0.1%
Cl (ion cloro)	Máximo 0.2%
Na (ion sodio)	Máximo 0.1%
K (ion potasio)	Máximo 0.1%

La dosificación y mezcla de aditivo de nitrato de litio deberá ser verificadas y certificadas por el fabricante del producto.

La utilización de acelerantes y retardantes se debe evitar en la medida de lo posible; se podrán utilizar únicamente en casos especiales, previa evaluación por parte del Constructor, que permita definir las condiciones de empleo de estos. El documento con toda la sustentación respectiva, incluyendo los certificados de calidad de los productos propuestos, deberá presentarse al Interventor para su evaluación y eventual aprobación, sin la cual no se permitirá su uso en el proyecto.

## **2.2 Acero**

En los documentos del proyecto se indicará el acero necesario para la construcción del pavimento, bien sea para los elementos de enlace o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas. Las barras de acero deberán cumplir con la especificación ASTM A615.

### **2.2.1 Pasadores o barras pasajuntas**

En las juntas transversales que muestren los documentos técnicos del proyecto y/o en los sitios en que indique el Interventor, se colocarán pasadores como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero redondo y liso, con límite de fluencia ( $f_y$ ) mínimo de 280 MPa (2800 kg/cm<sup>2</sup>); ambos extremos de los pasadores deberán ser lisos y estar libres de rebabas cortantes. En general, las barras deberán estar libres de cualquier imperfección o deformación que restrinja su deslizamiento libre dentro del concreto.

Antes de su colocación, los pasadores se deberán revestir con una capa de grasa u otro material recomendado por el fabricante que permita el libre movimiento de ellos dentro del concreto e impida su oxidación. No se permite el uso de casquetes para los pasadores.

### **2.2.2 Barras de amarre**

En las juntas que muestren los documentos técnicos del proyecto y/o en los sitios en que indique el Interventor, se colocarán barras de amarre, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas. Las barras serán de tipo corrugadas, con límite de fluencia ( $f_y$ ) de 420 MPa (4200 kg/cm<sup>2</sup>).

En general, las barras de amarre no deberán ser dobladas y enderezadas; sin embargo, si por razones constructivas es absolutamente indispensable doblarlas y enderezarlas con expresa autorización del Interventor, se deberá utilizar un acero con límite de fluencia ( $f_y$ ) de 280 MPa (2800 kg/cm<sup>2</sup>); en este caso, el Constructor deberá rediseñar el sistema de barras de amarre para acomodarlo a la nueva resistencia, rediseño que deberá ser verificado y aprobado por el Interventor.

### **2.2.3 Refuerzo de las losas**

Los documentos del proyecto pueden requerir la colocación de una o dos parrillas de refuerzo en todas o algunas de las losas del proyecto, bien sea como parte integral del diseño o como sistema para controlar la aparición o el ensanche de grietas. Como guía general, se requerirá la colocación de, al menos, una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de esta.
- Losas con relación largo/ancho mayor que 1.25.
- Losas de forma irregular (diferente de la rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacentes.

El acero de refuerzo de las losas estará constituido por barras corrugadas con límite de fluencia ( $f_y$ ) de 420 MPa (4200 kg/cm<sup>2</sup>). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, etc., deberán quedar claramente definidos en los documentos técnicos del proyecto.

## **2.3 Productos de curado**

El curado del concreto se podrá llevar a cabo por medio de humedad, cubrimiento con películas líquidas o cubrimiento con membranas.

### **2.3.1 Curado por humedad**

Si el curado se realiza mediante humedad, el agua utilizada deberá cumplir los requisitos del numeral 2.1.3. El material de cobertura podrá ser tela de fique o algodón, arena u otro producto de alta retención de humedad.

### **2.3.2 Cubrimiento con películas líquidas**

Para el recubrimiento con películas líquidas, se empleará un producto de reconocida calidad que, aplicado mediante aspersión sobre la superficie del pavimento, genere una película que garantice el correcto curado de éste. Deberá ser de un color claro para reflejar la luz y deberá permitir la verificación de la homogeneidad del vaciado de la mezcla.

La efectividad de los productos de curado se debe demostrar mediante experiencias previas exitosas o ensayos al inicio de la colocación del concreto. Deberán cumplir la especificación ASTM C309, Tipo 2 Clase B, o Clase A sólo si la base es de parafina.

### 2.3.3 Cubrimiento con membranas

Las láminas de curado pueden ser de polietileno blanco o de papel de curado, que cumplan la especificación ASTM C171.

## 2.4 Membranas para la separación del pavimento

En caso de que los documentos del proyecto lo dispongan, se emplearán membranas de separación entre las losas y su capa de apoyo, cuya función es evitar la adherencia entre el concreto de las losas y el material de base o evitar el reflejo de fisuras de la base en las losas de concreto. Estas membranas deberán cumplir la especificación ASTM C171.

Este tipo de membranas es recomendable cuando las losas de concreto se apoyan sobre bases de concreto sin juntas o con juntas que no coincidan con las de las losas del pavimento.

## 2.5 Productos para las juntas

### 2.5.1 Material de sello

El material de sello podrá ser de silicona o de aplicación en caliente. En los documentos técnicos del proyecto se especificará el tipo de material de sello por emplear en las juntas del pavimento, el cual deberá cumplir las especificaciones de la Tabla 8.

**Tabla 8. Especificaciones para el Material de Sello de Juntas en Pavimentos de Concreto Hidráulico**

Tipo de sello	Especificación
Sello de silicona	ASTM D5893, tipo autonivelante
Sellos de aplicación en caliente	ASTM D6690

### 2.5.2 Tirilla o cordón de respaldo

La tirilla de respaldo deberá ser de espuma de polietileno extruida de celda cerrada y de diámetro mayor un 25%  $\pm$  5% que el ancho nominal de la caja de junta. Deberá cumplir con la especificación ASTM D5249.

### 2.5.3 Material de relleno para juntas de expansión

El material de relleno para juntas de expansión deberá suministrarse en piezas de la altura y el largo requeridos para la junta. Previa autorización del Interventor, se podrán utilizar ocasionalmente dos piezas para completar el largo (nunca la altura), caso en el cual los dos extremos que se juntan deberán quedar adecuadamente asegurados, para garantizar la conservación de la forma requerida, sin moverse. Los materiales por emplear deberán cumplir alguna de las especificaciones ASTM D1751 o ASTM D1752.

## 2.6 Resina epóxica

Si se insertan barras dentro del concreto endurecido, en orificios perforados con taladro, su anclaje al pavimento se deberá asegurar empleando resina epóxica conforme con la especificación ASTM C881, Tipo I, grado 3, clase C. Las clases A y B se pueden emplear, si la temperatura del concreto endurecido es inferior a dieciséis grados Celsius (16° C).

La resina epóxica que se utilice para la reparación de fisuras a edades tempranas del concreto, deberá ser del Tipo IV, Grado 1, de la especificación ASTM C881, y la que se use como imprimante para la reparación de juntas astilladas, será del Tipo III, Grado 1, de la misma especificación.

### **3 EQUIPO**

El Constructor deberá poner al servicio de los trabajos contratados todo el equipo necesario para manejar los materiales y mezclas y ejecutar todas las partes del pavimento de concreto hidráulico, conforme se establece en la presente especificación.

Para definir el equipo de construcción del pavimento, el Constructor deberá tener en cuenta todos los aspectos relacionados con la logística de producción, transporte y colocación, y las condiciones del proyecto, tales como el perfil de las pistas, calles de rodaje y plataformas, y el espacio disponible. La selección del equipo más adecuado en términos de calidad y rendimiento deberá considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Perfil especificado para las pistas, calles de rodaje y plataformas.
- Ancho del área a pavimentar.
- Ancho de fundida.
- Espesor del pavimento.
- Condiciones del entorno.
- Rendimiento requerido.

Todo el equipo deberá situarse en el sitio de los trabajos con anticipación suficiente al inicio de las operaciones de pavimentación, con el fin de que el Interventor lo pueda revisar con todo detalle y aprobar su utilización.

En todos los casos, el equipo se deberá ajustar a lo dispuesto en la legislación vigente en las materias ambiental, de seguridad, de salud y de transporte.

#### **3.1 Equipo para la elaboración de agregados**

Para la elaboración de los agregados pétreos se requieren equipos para su explotación, cargue, transporte y proceso. La unidad de proceso consistirá en una unidad clasificadora y una planta de trituración provista de trituradoras primaria, secundaria y terciaria siempre que esta última se requiera, así como un equipo de lavado. La planta deberá estar provista de los filtros y demás accesorios necesarios para controlar la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

#### **3.2 Central de fabricación de la mezcla**

El concreto se fabricará en centrales de mezcla discontinua, capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las tolvas para agregados deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y estarán provistas de dispositivos para evitar contaminaciones entre sí; su número mínimo será función del número de fracciones de agregado pétreo que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Para el cemento a granel se utilizará una báscula independiente de la utilizada para los agregados. El mecanismo de carga deberá estar protegido contra un eventual cierre antes de que la tolva de pesada estuviera adecuadamente cargada. El mecanismo de descarga deberá estar protegido contra una eventual apertura antes que la carga del

cemento en la tolva de pesada hubiera finalizado, y que la masa del cemento en ella difiera en menos del uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) de la especificada; además, el mecanismo estará diseñado de forma que permita la regulación de la salida del cemento sobre los agregados.

La dosificación de los agregados se podrá efectuar por pesadas acumuladas en una (1) sola tolva o individualmente con una (1) tolva de pesada independiente para cada fracción. En el primer caso, las descargas de las tolvas de alimentación y la descarga de la tolva de pesada estarán protegidas de forma que:

- No podrá descargar más de una (1) tolva al mismo tiempo.
- El orden de descarga no podrá ser distinto al previsto.

La tolva de pesada no se podrá descargar hasta que se haya depositado en ella la cantidad requerida de cada uno de los agregados y estén cerradas todas las descargas de las otras tolvas.

Si se emplea una sola tolva para la dosificación de los agregados, la masa acumulada que se mida en la tolva cada vez que se incorpora una fracción del agregado no podrá diferir en más de uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) de la correspondiente a la dosificación teórica.

Si se emplean tolvas de pesada independientes para cada fracción, todas ellas deberán poder descargarse simultáneamente. La masa de agregado en cada tolva no podrá diferir en más de dos por ciento ( $\pm 2\%$ ) de la correspondiente a la dosificación teórica.

No se permitirá que se descargue parte alguna de la dosificación, hasta que todas las tolvas de los agregados y la del cemento estén correctamente cargadas, dentro de los límites especificados. Una vez comenzada la descarga, no se podrá comenzar una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesada estén vacías, sus compuertas de descarga cerradas y los indicadores de masa de las balanzas en cero (0), con una tolerancia del tres por mil ( $\pm 0.3\%$ ) de su capacidad total.

Los dosificadores ponderales deberán estar aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos de la central, de forma que, cuando éstos funcionen, sus lecturas, después de paradas las agujas, no difieran de la masa designada en más del uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) para el cemento, uno y medio por ciento ( $\pm 1.5\%$ ) para cada fracción del agregado o uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) para el total de las fracciones, si la masa de éstas se determina conjuntamente. Su precisión no deberá ser inferior al cinco por mil ( $\pm 0.5\%$ ) para los agregados, ni al tres por mil ( $\pm 0.3\%$ ) para el cemento. El agua añadida se medirá en masa o volumen, con una precisión no inferior al uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) de la cantidad total requerida.

Una vez fijadas las proporciones de los componentes, la única operación manual que se podrá efectuar para dosificar los agregados y el cemento de una amasada, será la de accionamiento de interruptores o conmutadores. Los mandos del dosificador deberán estar en un compartimento fácilmente accesible, que pueda cerrarse con llave cuando así se requiera.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con precisión suficiente. Los aditivos en polvo se dosificarán en masa y los aditivos en forma de líquido o de pasta en masa o en volumen, con una precisión no inferior al tres por ciento ( $\pm 3\%$ ) de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga del mezclador deberán estar protegidos de tal forma que, durante el funcionamiento del mezclador, no se pueda producir la descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de amasado previsto.

La producción horaria de la central de fabricación deberá ser capaz de suministrar el concreto sin que se interrumpa la alimentación de la pavimentadora.

### **3.3 Elementos de transporte**

El transporte del concreto a la obra se realizará en camiones mezcladores provistos de tambor giratorio cerrado con paletas internas, los cuales estarán equipados con cuentarrevoluciones. Deberán ser capaces de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.

Cada camión mezclador deberá tener adjunta en un lugar prominente una placa de identificación del fabricante que indique la capacidad del tambor en términos de volumen de concreto mezclado y la velocidad de rotación del tambor de mezcla o de las paletas. Los camiones mezcladores deben examinarse a diario para detectar cambios de condición debido a la acumulación de concreto o mortero endurecidos, o al desgaste de las palas. Las cuchillas de recogida y descarga se reemplazarán cuando presente un desgaste igual o mayor que 19 mm. El Constructor deberá tener a mano una copia del diseño del fabricante que muestre las dimensiones y la disposición de las hojas en referencia a la altura y profundidad originales.

Para distancias de transporte cortas, se podrán emplear camiones del tipo volqueta, sin elementos de agitación, de forma que se impida toda segregación, exudación, evaporación de agua o intrusión de cuerpos extraños en aquél. Su caja deberá ser lisa y estanca, y estar perfectamente limpia, para lo cual se deberá disponer de un equipo adecuado. Estos camiones deberán estar siempre provistos de una lona o cobertor para proteger el concreto fresco durante su transporte, evitando la excesiva evaporación del agua o la intrusión de elementos extraños. Se deberá disponer de los equipos necesarios para la limpieza de los elementos de transporte antes de recibir una nueva carga de concreto.

Ambos tipos de equipos de transporte deben cumplir la especificación ASTM C94. El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones vigentes sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

### **3.4 Equipos de puesta en obra del concreto**

La mezcla de concreto se extenderá y se consolidará por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, evitando la segregación y la aparición de vacíos y logrando alcanzar el espesor y la densidad adecuados y el contenido de aire especificado. La colocación se puede realizar mediante extendido entre formaletas fijas o con equipos de formaletas deslizantes.

En proyectos que requieran menos de siete mil quinientos metros cúbicos (7,500 m<sup>3</sup>) de pavimento de concreto, o en áreas irregulares e inaccesibles para el equipo de pavimentación de formaleta deslizante, el pavimento de concreto se puede colocar empleando formaleta lateral fija. Los métodos y equipos serán revisados y aceptados por el Interventor. El enrasado manual y el acabado flotante solo se podrán emplear áreas irregulares pequeñas según lo permita el Interventor.

#### **3.4.1 Elementos necesarios para la puesta en obra del concreto empleando formaletas fijas**

Cuando se emplee el método de construcción con formaletas fijas, el equipo mínimo necesario para la ejecución de las obras estará integrado, básicamente, por los siguientes elementos:

#### *3.4.1.1 Formaletas*

Las secciones de formaleta para la construcción no deberán tener una longitud menor de tres metros (3 m) y su altura será igual al espesor del pavimento por construir. Deberán ser metálicas y tener la suficiente rigidez para que no se deformen durante la colocación del concreto y, si van a servir como rieles para el desplazamiento de equipos, para no deformarse bajo la circulación de estos. El ancho de su base debe ser mayor o igual al ochenta por ciento (80 %) del espesor del pavimento y nunca menor de veinte centímetros (20 cm).

En la mitad de su espesor y a los intervalos requeridos, las formaletas tendrán orificios para insertar a través de ellos las barras de amarre, cuando ellas estén contempladas en el proyecto de las obras.

La fijación de las formaletas al suelo se hará mediante pasadores de anclaje adecuadamente separados, que impidan cualquier desplazamiento vertical u horizontal a causa de la presión de la mezcla y de la vibración del equipo.

En las curvas, las formaletas se acomodarán a los polígonos más convenientes, pudiéndose emplear formaletas rectas rígidas, de la longitud que resulte más adecuada.

Se deberá disponer de un número suficiente de formaletas para tener colocada, en todo momento de la obra, una longitud por utilizar igual o mayor que la requerida para tres (3) horas de trabajo, más la cantidad necesaria para permitir que el retiro de formaletas del concreto se haga a las dieciséis (16) horas de su colocación.

#### *3.4.1.2 Equipo para la construcción del pavimento*

Estará constituido por reglas o rodillos vibratorios que se desplazan sobre las formaletas fijas y producen simultáneamente la consolidación y la nivelación de la superficie del pavimento. Deberán tener el peso adecuado y contar con sus sistemas de vibración en apropiado estado de funcionamiento.

Para lograr la consolidación adecuada del concreto, será indispensable añadir vibración interna por medio de vibradores de agujas. En todos los casos, el equipo de vibración deberá garantizar una densificación uniforme en profundidad y en planta; el número, el espaciamiento y la frecuencia de los vibradores serán los necesarios para obtener un concreto homogéneo y denso, que cumpla las recomendaciones de la norma ACI-309R, relacionadas con la consolidación del concreto. La frecuencia de vibración de cada unidad no será inferior a tres mil quinientos (3,500) ciclos por minuto para los vibradores de superficie, ni menor de cinco mil (5,000) ciclos por minuto para los vibradores del interior, y la amplitud de vibración deberá ser suficiente para ser perceptible en la superficie del concreto a lo largo de la longitud vibrante y a una distancia mayor de trescientos milímetros (>300 mm).

El Constructor deberá proveer un sistema electrónico o mecánico para verificar las características de operación de los vibradores, las cuales deben controlarse al menos dos (2) veces al día o cuando lo solicite el Interventor.

### **3.4.2 Pavimentadora de formaletas deslizantes para la puesta en obra del concreto**

La máquina pavimentadora de formaletas deslizantes deberá extender el concreto fresco en el espesor de diseño, consolidarlo y enrasarlo uniformemente, para obtener un pavimento denso y homogéneo.

La pavimentadora deberá estar equipada de un sistema guiado por hilo, con mecanismos de ajuste suficientemente sensibles para que actúen cuando las desviaciones de la máquina respecto del hilo excedan de tres milímetros (3 mm) en elevación o diez milímetros (10 mm) en planta.

La máquina deberá estar dotada de formaletas móviles de dimensiones, forma y resistencia suficiente para sostener lateralmente el concreto fresco durante el tiempo necesario para la construcción del pavimento, con la sección

transversal requerida, sin caídas en los bordes de la losa. Deberá tener, además, dispositivos adecuados para mantener limpios los caminos de rodadura del conjunto de los equipos de extensión y terminación.

La pavimentadora consolidará adecuadamente el concreto por vibración interna en todo el ancho colocado, mediante vibradores transversales o una serie de unidades de vibrado longitudinal; en este caso, la separación entre unidades de vibrado estará comprendida entre cuatrocientos y seiscientos milímetros (400 mm-600 mm), medidos centro a centro. Además, la separación entre el centro de la unidad de vibrado externa y la cara interna de la formaleta correspondiente, no excederá de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

La frecuencia de vibración de cada unidad no será inferior a cinco mil (5,000) ciclos por minuto y la amplitud de la vibración deberá ser suficiente para ser perceptible en la superficie de concreto a lo largo de la longitud vibrante y a una distancia mayor de trescientos milímetros (> 300 mm).

Los elementos vibratorios de la pavimentadora no se deberán apoyar sobre pavimentos terminados y dejarán de funcionar en el instante en que ella se detenga.

La longitud de la placa conformadora de la pavimentadora será la necesaria para que no se aprecien ondulaciones en la superficie del concreto tras el borde posterior de la placa.

Si los pasadores o las barras de amarre se insertan en el concreto fresco por vibración, el equipo de inserción no requerirá que la pavimentadora se detenga y, para los pasadores, deberá estar dotado de un dispositivo que señale automáticamente su posición, con el fin de garantizar que las juntas queden centradas en ellos con una tolerancia máxima de cincuenta milímetros (50 mm) respecto de la posición real.

Detrás del equipo de inserción de los pasadores, o si el concreto se extiende en una única capa, la pavimentadora deberá ir provista de un fratás mecánico transversal oscilante, capaz de corregir todo tipo de irregularidades; asimismo, se arrastrará una arpillera mojada que borre las huellas producidas por el fratás. La arpillera consistirá en una tela de fique o yute con una masa mínima de trescientos gramos por metro cuadrado (300 g/m<sup>2</sup>), que cubra toda la superficie de terminación con una longitud de asiento mínima al arrastrar de un metro y medio (1,5 m). Además de mantenerse húmeda, la arpillera se deberá cambiar o lavar periódicamente.

### **3.4.3 Equipos para la extensión manual del concreto**

En áreas localizadas de pequeñas dimensiones, inaccesibles al equipo convencional, el Interventor podrá autorizar la extensión y la consolidación del concreto por medios manuales. En este caso, para distribuir el concreto se emplearán palas y para enrasarlo se usará una regla vibratoria ligera.

## **3.5 Herramientas y elementos para el acabado**

### **3.5.1 Flotador o enrasador**

Esta herramienta manual de acabado superficial tendrá una superficie metálica, lisa y rígida, provista de un mango largo articulado que, al rotarse, acciona un mecanismo de elevación que le permite el deslizamiento planeando sobre la superficie del concreto. Su longitud deberá ser del orden de tres metros (3 m) y su ancho de ciento cincuenta milímetros (150 mm); para áreas pequeñas, la longitud se puede reducir a un metro y medio (1.5 m) y su ancho a cien milímetros (100 mm). Deberá tener sus bordes ligeramente curvos y chaflanados, evitando que se hunda en el concreto fresco, dejando surcos. Su sección transversal deberá tener forma de canal.

### **3.5.2 Tela de fique o de yute**

Será un tejido de fibra vegetal, de fique o de yute, que se pasa en sentido longitudinal al pavimento, luego de haber realizado el allanado. La tela no deberá tener costuras internas que dejen marcas en la superficie del pavimento.

### **3.5.3 Cepillo de texturizado**

Esta herramienta constará de un cuerpo principal en forma de rastrillo o peine, que debe medir aproximadamente ochenta centímetros (0.80 m) de largo, con dientes metálicos flexibles y un mango. El peine metálico deberá utilizarse para dejar una textura estriada transversal en la superficie del concreto. La herramienta puede ser de manejo manual o puede ir montada sobre una máquina que sigue a la máquina pavimentadora, a una distancia determinada por la consistencia del concreto.

Los dientes del peine deberán tener un ancho de cerda de tres más o menos un milímetro ( $3 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ ) y las separaciones entre dientes deberán ser las adecuadas para minimizar el ruido producido por las aeronaves y equipos al circular sobre el concreto endurecido, recomendándose valores promedio al azar, de trece milímetros (13 mm) o veintiséis milímetros (26 mm). La huella que deja el peine en el concreto fresco deberá tener entre tres y seis milímetros (3 mm-6 mm) de profundidad.

Los dientes deberán estar colocados aproximadamente a cuarenta y cinco grados ( $45^\circ$ ), evitando así que ellos saquen los agregados a la superficie.

## **3.6 Equipos para el curado del concreto**

En el caso de membranas de curado, su aplicación se deberá realizar por medio de equipos pulverizadores mecánicos que aseguren un reparto uniforme y continuo del producto en todo lo ancho de la losa y en sus costados descubiertos. Estos equipos deberán estar provistos de dispositivos que proporcionen una adecuada protección del producto pulverizado contra el viento, así como de otro dispositivo dentro del tanque de almacenamiento del producto, cuya función es mantenerlo en agitación durante su aplicación. En áreas reducidas o inaccesibles a dispositivos mecánicos, el Interventor podrá autorizar el empleo de aspersores manuales.

## **3.7 Elementos para la ejecución de juntas**

### **3.7.1 Equipos de corte**

Para el corte de las juntas en el concreto endurecido se deberán usar equipos con disco de diamante o de algún otro elemento abrasivo que permita obtener resultados equivalentes; la calidad de los equipos y discos, así como la idoneidad del personal que los opera, deberá garantizar que la labor se desarrolle sin generar desportillamientos o agrietamientos en las zonas de corte. La potencia de cada equipo deberá ser, cuando menos, de dieciocho caballos (18 CV).

Se requerirán discos de diferentes diámetros y anchos para realizar los cortes iniciales y el ensanche de estos. Los equipos podrán ser de discos sencillos o múltiples. Los equipos de corte disponibles deberán permitir cortar las juntas requeridas para un (1) día de trabajo (incluida la junta longitudinal) en menos de ocho (8) horas. Además, el Constructor deberá contar con máquinas de reemplazo en caso de daño.

### **3.7.2 Elementos para la ejecución de las juntas en fresco**

Para la ejecución de las juntas en fresco, se empleará un equipo con cuchillas vibrantes o se podrán emplear dispositivos para la inserción de tiras continuas de plástico, con un espesor mínimo de treinta y cinco centésimas

de milímetro (0.35 mm).

### **3.8 Equipos de lavado, secado y sellado de juntas**

El equipo necesario para la ejecución de este trabajo deberá ser el recomendado por el fabricante del sello y deberá contar con la aprobación del Interventor, antes del inicio de las labores correspondientes.

### **3.9 Bombas de agua de bajo consumo y alta presión**

El Constructor deberá garantizar la adecuada limpieza de la cavidad de corte de las juntas. Para ello, deberá proponer, para evaluación y eventual aprobación del Interventor, los equipos apropiados, dentro de las restricciones ambientales que puedan existir. Para el correcto lavado de las juntas se podrán utilizar bombas de agua de bajo consumo y de alta presión. La presión será, como mínimo, de 10 MPa.

### **3.10 Compresores de aire**

El Constructor deberá garantizar el adecuado secado de la cavidad de corte. Para ello, deberá proponer, para evaluación y eventual aprobación del Interventor, los equipos más apropiados, dentro de las restricciones ambientales que puedan existir. Para el correcto secado de las juntas se podrán utilizar compresores de aire, de 1.0 MPa y caudal de setenta litros por segundo (70 l/s).

### **3.11 Equipos para la inserción del sello**

Para la colocación del sello se emplearán los equipos recomendados por los fabricantes del material de sello.

#### **3.11.1 Equipos para aplicación del sello en caliente**

Los aplicadores empleados para calentar e instalar materiales de sello de juntas que satisfacen la especificación ASTM D6690 deben ser móviles y deben estar equipados con: (1) una caldera doble, de tipo agitador y con aceite en el espacio exterior para la transferencia de calor; (2) un dispositivo de extrusión de tipo presión con conexión directa con una boquilla configurada para insertar en la junta a llenar; (3) dispositivos para controlar la temperatura del aceite de transferencia y el sellador; y (4) un termómetro para indicar la temperatura del sellante. La unidad del aplicador deberá estar diseñada para que el sellador circule a través de la manguera de suministro y regrese al hervidor interior cuando no esté en uso.

#### **3.11.2 Equipos para aplicación en frío de sello de un solo componente**

El equipo empleado para instalar el sello de junta de un solo componente que satisface la especificación ASTM D5893 consistirá en una bomba de extrusión, un compresor de aire, una placa de seguimiento, mangueras y una boquilla para transferir el sellador del contenedor de almacenamiento a la abertura de la junta. La dimensión de la boquilla debe ser tal que la punta de la boquilla se extienda hacia la junta para permitir el sellado desde la parte inferior hasta la parte superior de esta.

Se deberá mantener el equipo inicialmente aprobado en buenas condiciones de funcionamiento, realizando el mantenimiento de acuerdo con las instrucciones del proveedor y sin alteraciones de ningún tipo. Se pueden usar equipos portátiles pequeños de aire comprimido (es decir, pistolas de calafateo) para aplicaciones pequeñas.

## 4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

### 4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

### 4.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

#### 4.2.1 Generalidades

No se colocará ningún volumen de concreto hasta que se haya enviado un diseño de mezcla aceptable al Interventor para su revisión y este haya tomado las determinaciones pertinentes. La revisión del Interventor no eximirá al Constructor de la responsabilidad de seleccionar y proporcionar los materiales para cumplir con esta especificación.

#### 4.2.2 Laboratorio para la obtención de la fórmula de trabajo

El laboratorio empleado para obtener la fórmula de trabajo deberá contar con personal capacitado y equipos debidamente calibrados. Los certificados de vigencia de los equipos empleados en el diseño de la fórmula de trabajo no deberán tener una vigencia superior a un año.

#### 4.2.3 Diseño de la mezcla de concreto

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor suministrará al Interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el Interventor efectúe las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales cuando resulten satisfactorios, de acuerdo con lo que establece la presente especificación, el Constructor diseñará la mezcla mediante los procedimientos contenidos en la publicación “*Design and Control of Concrete Mixtures*” de la Portland Cement Association (PCA) y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a aprobación del Interventor.

En la Tabla 9 se presentan los requisitos mínimos que deben cumplir las mezclas de concreto para pavimentos de concreto hidráulico.

Para cada dosificación ensayada, se controlarán la consistencia (INV E-404-13), las resistencias a flexotracción (INV E-414-13) a siete (7) y veintiocho (28) días y, cuando se exija, el contenido de aire incluido (INV E-406-13).

**Tabla 9. Criterios de Diseño para la Mezcla de Concreto en Pavimentos de Concreto Hidráulico**

Característica	Método de ensayo	Requisito
Resistencia a la flexotracción a los 28 días	INV E-414-13	Mínimo 4.2 MPa
Contenido de cemento en masa por metro cúbico de concreto	--	Mínimo 300 kg
Relación agua / material cementante	--	0.45 máximo
Asentamiento		
- Formaleta fija	INV E-404-13	25 a 50 mm
- Formaleta deslizante		13 a 38 mm

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, elaborando series de cuatro (4) probetas por amasada.

De cada serie se ensayarán dos (2) probetas a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, obteniéndose los valores promedio de cada grupo de resultados. Se considerará como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor promedio obtenido a veintiocho (28) días supere la resistencia especificada de diseño con un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de la mezcla también sobrepase la especificada. Al efecto, el Constructor deberá tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño dependerá de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda estimarse a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Será obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estáticos a los veintiocho (28) días, para la mezcla diseñada, según la norma de ensayo INV E-424-13. Este módulo podrá medirse sobre cilindros fabricados para ensayar a tracción indirecta (norma de ensayo INV E-411-13). Los documentos del proyecto podrán establecer requisitos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla deberá diseñarse para cumplir también con dicho requisito.

#### **4.2.4 Presentación del diseño de la mezcla de concreto**

El diseño de la mezcla de concreto se presentará al Interventor al menos treinta (30) días antes del inicio de las operaciones. El diseño de la mezcla no debe tener más de noventa (90) días y debe emplear los materiales que se utilizarán para la producción del proyecto. La producción no comenzará hasta que la mezcla de concreto sea aprobada por escrito por el Interventor.

Cada uno de los diseños de mezcla enviados (para formaleta deslizante y formaleta fija) deberá estar firmado por el ingeniero profesional responsable del laboratorio y deberá incluir, como mínimo, los siguientes elementos y cantidades:

- Informes de los ensayos sobre los agregados de acuerdo con el numeral 2.1. Los informes deben incluir todos los ensayos requeridos e informar, para cada ensayo, el método y resultado obtenidos y su comparación con el criterio requerido.
- Análisis y granulometría del agregado combinado incluyendo gráficos del módulo de finura del agregado fino.
- Resultados de los ensayos de reactividad.
- Resultados de los ensayos de calidad del agregado grueso, incluida la medida de materiales deletéreos.
- Resultados de los ensayos de calidad del agregado fino, incluida la medida de materiales deletéreos.
- El tipo y la marca de cemento.
- Certificados de fábrica del cemento y los materiales cementantes suplementarios.
- Resultados de los ensayos certificados para todos los aditivos, incluido el nitrato de litio, si corresponde.
- Resistencia a la flexión, asentamiento y contenido de aire especificados.
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta.
- Proporciones o volúmenes recomendados para la mezcla propuesta y valores de prueba de la relación agua / material cementante, incluyendo el asentamiento real y el contenido de aire.
- Registro histórico de los resultados de los ensayos que documenten la desviación estándar de producción, cuando corresponda.

El diseño de la mezcla contendrá las proporciones y los resultados de resistencia a flexotracción del concreto a siete (7) y veintiocho (28) días, así como el módulo de elasticidad, determinado según la norma de ensayo INV E-424-13, y la densidad del concreto endurecido, determinada según la norma de ensayo ASTM C642. El diseño deberá incluir una copia de todos los formularios de ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, indicando tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre el cemento, el agua y los eventuales aditivos. También, deberá incluir el módulo de finura de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla.

Durante el estudio de la fórmula de trabajo, se podrá establecer una correlación entre la resistencia a la flexión (INV E-414-13) y la resistencia a la tracción indirecta (INV E-411-13). Los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción indirecta solo se podrán aceptar como herramienta de control si se ha establecido, a través de ensayos con los mismos ingredientes de la mezcla y para la misma edad, una correlación confiable entre ella y la resistencia a flexión ( $r^2 \geq 0.90$ ).

El Interventor podrá solicitar muestras en cualquier momento para realizar ensayos, antes y durante la producción, para verificar la calidad de los materiales y garantizar la conformidad con las especificaciones aplicables.

Durante la etapa de producción se deberá reajustar la fórmula de trabajo cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, la clase o la categoría del cemento y/o su marca.
- El tipo, la absorción y el tamaño máximo del agregado grueso.
- El tipo de agregado fino o su módulo de finura en más de dos décimas (0.2).
- La naturaleza o la proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra.
- La procedencia del agua.
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 13.

#### **4.2.5 Materiales cementantes**

##### **a. Cenizas volantes**

Cuando se empleen cenizas volantes como reemplazo parcial del cemento, la tasa de reemplazo se determinará a partir de mezclas de prueba de laboratorio y debe estar entre el 20 y el 30% en peso del material cementante total. Si se emplean cenizas volantes junto con cemento de escoria, la tasa máxima de reemplazo no debe exceder el 10% en peso del material cementante total.

##### **b. Cemento de escoria o cemento de alto horno granulado y molido**

El cemento de escoria, o el cemento de escoria más cenizas volantes si se emplean ambos, pueden constituir entre el 25 y el 55% del total del material cementante en peso.

##### **c. Puzolana natural cruda o calcinada**

Cuando se emplea puzolana como reemplazo parcial del cemento, la tasa de reemplazo se determinará a partir de mezclas de prueba de laboratorio y debe estar entre el 20 y el 30% en peso del material cementante total. Si se emplea puzolana junto con cemento de escoria, la tasa máxima de reemplazo no debe exceder el 10% en peso del material cementante total.

#### 4.2.6 Aditivos

##### a. Aditivo inclusor de aire

SI se emplea aditivo inclusor de aire, este deberá agregarse de tal manera que asegure una distribución uniforme del agente en todo el lote. El contenido de aire del concreto recién mezclado con aire incorporado se basará en mezclas de prueba con los materiales que se utilizarán en la obra, ajustados para producir un concreto con la plasticidad y trabajabilidad requeridas. El porcentaje de aire en la mezcla se seleccionará de acuerdo con la Tabla 10. El contenido de aire se determinará mediante ensayos de acuerdo con el método ASTM C231 para agregado grueso proveniente de roca o grava.

**Tabla 10. Contenido de Aire Recomendado en Porcentaje**

Nivel de exposición	Tamaño máximo del agregado de 25.0 mm
Leve: Cuando se desee para otros fines que no sean la durabilidad, como para mejorar la trabajabilidad	3.0%
Moderado: Servicio en un clima donde se espera congelación, pero donde el concreto no estará continuamente expuesto a la humedad o al agua libre durante períodos prolongados antes de la congelación y no estará expuesto a agentes anticongelantes u otros químicos agresivos	4.5%
Severo: Concreto que está expuesto a químicos anticongelantes u otros agentes agresivos o donde el concreto puede llegar a estar muy saturado por contacto continuo con humedad o agua libre antes de congelarse	6.0%

##### b. Aditivo reductor de agua

Los aditivos reductores de agua deben agregarse a la mezcla de la manera recomendada por el fabricante y en la cantidad necesaria para cumplir con los requisitos de esta especificación. Los ensayos se realizarán con los materiales que se utilizarán en la obra y de acuerdo con el método ASTM C494.

##### c. Otros aditivos

Los aditivos de control de fraguado y otros aditivos aprobados deben agregarse a la mezcla de la manera recomendada por el fabricante y en la cantidad necesaria para cumplir con los requisitos de esta especificación. Los ensayos se realizarán con los materiales que se utilizarán en la obra y de acuerdo con el método ASTM C494.

##### d. Nitrato de litio

El nitrato de litio se agregará a la mezcla de la manera recomendada por el fabricante y en la cantidad necesaria para cumplir con los requisitos definidos en el numeral 2.1.8 de esta especificación.

#### 4.3 Tramo de prueba

Aceptados por el Interventor la fórmula de trabajo y el informe con el diseño de la mezcla, se procederá a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de puesta en obra y espesor de pavimento que se vayan a utilizar en la obra. La construcción de este tramo de prueba, de mínimo cien metros (100 m) de longitud en dos (2) carriles, será obligatoria.

El tramo servirá para verificar las condiciones de elaboración de la mezcla y comprobar que la colocación es adecuada y que los medios de vibración disponibles son capaces de consolidar adecuadamente el concreto en todo

el espesor del pavimento; que se cumplen las limitaciones sobre uniformidad y regularidad superficial establecidas por la presente especificación; que el proceso de curado y protección del concreto fresco es adecuado y que las juntas se realizan correctamente.

En caso de que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, éste se demolerá por cuenta del Constructor y se construirá otro u otros, introduciendo variaciones en los equipos, métodos de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener un pavimento con las condiciones exigidas. Logrado esto, se podrá proceder a la construcción del pavimento contratado.

Del trabajo satisfactorio se extraerán cinco (5) núcleos cilíndricos de ciento cincuenta (150 mm) de diámetro para determinar la densidad y la resistencia a la tracción indirecta. Estos testigos se tomarán conforme lo indica el método INV E-418-13, a los veintiséis (26) días de la puesta en obra, en sitios distantes entre sí no menos de siete metros (7 m) en sentido longitudinal y a no menos de quinientos milímetros (500 mm) de cualquier junta o borde.

Los testigos se sumergirán en agua durante cuarenta y ocho (48) horas y se someterán en seguida a ensayos de resistencia (compresión o tracción indirecta) y densidad (norma de ensayo ASTM C642). Los documentos del proyecto deberán indicar cuál de los ensayos de resistencia se deberá aplicar; si no lo mencionan, se aplicará el ensayo de resistencia a la tracción indirecta (norma de ensayo INV E-411-13).

La extracción de los testigos servirá, también, para observar la homogeneidad del concreto colocado, como verificación de los procesos de colocación y vibrado. La eventual presencia de hormigueros hará obligatoria la demolición de las losas afectadas y el replanteamiento completo de los procesos de colocación y vibrado del concreto.

Todos los orificios resultantes de la extracción de testigos del tramo de prueba aprobado, para determinar la resistencia y la densidad, deberán ser rellenados, vibrados y curados por el Constructor, a la mayor brevedad posible y sin costo para el proyecto, con un concreto de igual o mayor resistencia que el extraído.

#### **4.3.1 Franja de control**

La(s) franja(s) de control deberán construirse en la siguiente junta programada luego de los setenta y cinco metros (75 m) iniciales de cada tipo de construcción de pavimento (carril piloto con formaleta deslizante, carril vaciado entre carriles existentes, o carril vaciado con formaleta fija). El Constructor deberá demostrar, en presencia del Interventor, que los materiales, la mezcla de concreto, el equipo, los procesos de construcción y los procesos de control de calidad cumplen con los requisitos de las especificaciones.

La mezcla de concreto deberá salir de la pavimentadora cumpliendo la tolerancia de asentamiento del borde y con poco o ningún acabado. Las franjas de control para carril piloto con formaleta deslizante, carril vaciado entre carriles existentes, y carril vaciado con formaleta fija se aceptarán por separado.

Es posible que se requieran ajustes menores en el diseño de la mezcla para lograr una franja de control aceptable. La mezcla de producción será el diseño ajustado de la mezcla empleado para construir una franja de control aceptable. Tras la aceptación de la franja de control por el Interventor, el Constructor deberá emplear el mismo equipo, materiales y métodos de construcción para el resto del pavimento de concreto. Cualquier ajuste a los procesos o materiales debe ser aprobado previamente por el Interventor.

Las franjas de control aceptables deberán cumplir la tolerancia de asentamiento del borde y la superficie será aceptable con poco o ningún acabado; asimismo, deberán tener un contenido de aire dentro de los Límites de Acción del Control de Calidad, y una resistencia igual o mayor que la requerida en la Tabla 9. La franja de control

se considerará un lote para el pago siempre y cuando satisfaga el numeral 5.2.

#### **4.4 Preparación de la superficie existente**

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra correspondiente se corregirán de acuerdo con lo establecido en ella, a plena satisfacción del Interventor.

Cuando la superficie existente presente deficiencias en las cotas en relación con las previstas en los planos o autorizadas por el Interventor, la deficiencia se deberá completar con material de pavimento de concreto hidráulico. El volumen de concreto colocado para suplir dicha deficiencia no será objeto de pago si la capa de apoyo se construyó en desarrollo del mismo contrato.

Inmediatamente antes de verter el concreto, se humedecerá la superficie de apoyo del pavimento, sin que se alcance la saturación, para prevenir pérdidas rápidas en la humedad de la mezcla o, si el proyecto lo contempla, la superficie se cubrirá con papel especial o con material plástico, con traslajos no inferiores a ciento cincuenta milímetros (150 mm) y plegándose lateralmente contra las formaleas, cuando éstas se utilicen. El traslajo se hará teniendo en cuenta las pendientes longitudinal y transversal, para asegurar la impermeabilidad.

En todos los casos, se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y equipos indispensables para la ejecución del pavimento. Cualquier daño a la base, subbase o subrasante preparadas deberá ser corregido en todo su espesor, a su costa, por el Constructor antes de la colocación del concreto.

Los requisitos indicados en este numeral rigen, también, para el tramo de prueba al cual hace referencia el numeral precedente.

#### **4.5 Elaboración de la mezcla**

##### **4.5.1 Manejo y almacenamiento de los agregados pétreos**

Los agregados se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas de agregados. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del agregado se deberá acopiar separada de las demás, para evitar que se produzcan contaminaciones entre ellas. Si los acopios se fueran a disponer sobre el terreno natural, se drenará la plataforma y no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos, a no ser que la zona de acopio esté pavimentada. Los acopios se construirán por capas de espesor no inferior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los agregados, ellos se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptación; esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado. Los agregados de diferentes fuentes se deben almacenar, pesar y dosificar por separado en la planta de concreto. No se emplearán métodos de transporte, desde los acopios hasta las tolvas de la central, que pudieran causar segregación, degradación o mezcla de fracciones de distintos tamaños.

Los agregados producidos o manipulados por métodos hidráulicos y los agregados lavados deben acopiarse o

almacenarse en contenedores para escurrirlos al menos 12 horas antes de dosificarse. Se deberá almacenar y mantener a todos los agregados con un contenido de humedad uniforme antes de su uso.

La cantidad de los agregados almacenados al iniciar las obras debe ser suficiente para quince (15) días de trabajo o para toda la obra, si el plazo para la colocación del concreto en obra es menor.

#### **4.5.2 Suministro y almacenamiento del cemento**

El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura. Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento será la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.

Todo cemento que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos o tres (3) en silos, deberá ser examinado por el Interventor, para verificar si aún es susceptible de utilización.

#### **4.5.3 Almacenamiento de aditivos**

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y observando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del cemento. Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos.

#### **4.5.4 Mezcla de los componentes**

Todo el concreto debe mezclarse y entregarse en la obra de acuerdo con los requisitos de las especificaciones ASTM C94. La mezcla se realizará en una planta central conforme se describe en el numeral 3.2.

El amasado se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de todos los componentes. La cantidad de agua añadida a la mezcla será la necesaria para alcanzar la relación agua / material cementante fijada por la fórmula de trabajo; para ello, se deberá tener en cuenta el agua aportada por la humedad de los agregados, especialmente el fino.

Los aditivos en forma líquida o en pasta se añadirán al agua de amasado, mientras que los aditivos en polvo se deberán introducir en el mezclador junto con el cemento o los agregados.

A la descarga del mezclador, todo el agregado deberá estar uniformemente distribuido en el concreto fresco, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de pasta de cemento. Los tiempos de mezcla y amasado, necesarios para lograr una mezcla homogénea y uniforme, sin segregación, así como la temperatura máxima del concreto al salir del mezclador, se fijarán durante la realización del tramo de prueba especificado en el numeral 4.3. Si se utilizase hielo para enfriar el concreto, la descarga del concreto no comenzará hasta que el hielo se hubiera derretido en su totalidad, y se tendrá en cuenta para la relación agua / material cementante.

Antes de volver a cargar el mezclador se vaciará totalmente su contenido. Si hubiera estado detenido por más de treinta (30) minutos, se limpiará perfectamente antes de volver a verter materiales dentro de él. De la misma manera se procederá antes de comenzar la fabricación de concreto con un nuevo tipo de cemento.

El concreto mezclado en planta central se transportará en camiones mezcladores, camiones agitadores o camiones sin agitación. El tiempo transcurrido desde la adición de material cementante a la mezcla hasta que el concreto se descarga del camión no debe exceder los treinta (30) minutos cuando el concreto se transporta en camiones sin agitación, ni los noventa (90) minutos cuando el concreto se transporta en camiones mezcladores o agitadores. En ningún caso la temperatura del concreto cuando se coloque excederá los 32°C. No se permitirá volver a templar el

concreto añadiendo agua o por otros medios.

#### **4.6 Transporte del concreto al sitio de las obras**

El transporte del concreto entre la planta de fabricación y la obra se efectuará de la manera más rápida posible, empleando alguno de los medios descritos en el numeral 3.3. El concreto se podrá transportar a cualquier distancia, siempre y cuando no pierda sus características de trabajabilidad y se encuentre todavía en estado plástico en el momento de la descarga.

En el caso de construcción en tiempo caluroso, se cuidará de que no se produzca desecación de la mezcla durante el transporte. Si a juicio del Interventor existe tal riesgo, se deberán utilizar retardadores de fraguado o adiciones de agua.

#### **4.7 Colocación de formaletas**

Cuando la obra se ejecute entre formaletas fijas, éstas podrán constituir por sí mismas el camino de rodadura de las máquinas de construcción del pavimento o podrán tener un carril para atender esa función. En cualquier caso, deberán presentar las características de rigidez, altura y fijación señaladas en el numeral 3.4.1.1.

Las caras interiores de las formaletas aparecerán siempre limpias, sin restos de concreto u otras sustancias adheridas a ellas. Antes de verter el concreto, dichas caras se deberán recubrir con un producto antiadherente, cuya composición y dosificación deberán contar con la aprobación del Interventor.

Se deberá controlar que la altura libre de las formaletas corresponda, efectivamente, al espesor de diseño de las losas.

El alineamiento de las formaletas, tanto en planta como en perfil, deberá ser correcto. No se podrán observar diferencias en la altura ni desviaciones en planta superiores a diez milímetros (10 mm) en relación con el alineamiento teórico. Además, en ningún punto se deberá observar una flecha superior a tres milímetros (3 mm) bajo una regla de tres metros (3 m) puesta sobre el riel de las formaletas. Toda desviación en exceso se deberá corregir inmediatamente.

Antes de colocar el concreto, deberá estar disponible una longitud mínima colocada y alineada de formaletas, conforme a lo indicado en el numeral 3.4.1.1.

Cuando la máquina utilice como formaleta un bordillo o una franja de pavimento rígido construido previamente, dicho elemento deberá tener una edad de, cuando menos, tres (3) días.

#### **4.8 Colocación de elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para pavimentadoras de formaletas deslizantes**

El espaciamiento de los piquetes que sostienen el hilo guía no será mayor de diez metros (10 m), distancia que se reducirá a cinco metros (5 m) en curvas verticales; los apoyos de hilo en los piquetes tendrán la cota teórica y el hilo se deberá tensar, de manera que la flecha entre dos piquetes consecutivos sea menor de un milímetro (1 mm).

Donde se vacíe una franja de pavimento junto a otra existente, se podrá usar ésta como guía de las máquinas. En este caso, deberá haber alcanzado una edad mínima de tres (3) días y la superficie se deberá proteger de la acción de las orugas interponiendo bandas de goma, chapas metálicas u otros materiales adecuados, a una distancia conveniente del borde. Si se observan daños estructurales o superficiales en los caminos de rodadura, se suspenderá el vaciado, reanudándolo solamente cuando la franja vecina hubiera adquirido la resistencia necesaria o cuando se

adopten las precauciones suficientes para que no se vuelvan a producir daños.

Los caminos de rodadura de las orugas se deberán mantener limpios y, cuando correspondan a la capa de soporte del pavimento, deberán estar suficientemente compactados para permitir el paso de ellas sin deformaciones. En este último caso, no deberán presentar irregularidades superiores a quince milímetros (15 mm), medidas con una regla de tres metros (3 m).

#### **4.9 Colocación de armaduras**

En los pavimentos de tipo armado con juntas, las armaduras, que se encontrarán libres de suciedad, óxido no adherente, aceite, grasa y otras materias que puedan afectar la adherencia del acero con el concreto, se colocarán en los sitios y con la forma establecidos en los planos, sujetándolas, de ser preciso, para impedir todo movimiento durante la colocación del concreto. Si se disponen sobre soportes, éstos deberán aguantar una fuerza puntual de dos y medio kilonewtons (2.5 kN) sin deformación visible.

Si la unión de las varillas no se hace mediante soldadura a tope, las varillas longitudinales se traslaparán en dos (2) mallas y las transversales en una (1). Al lado de cada junta, las armaduras se interrumpirán a cien milímetros (100 mm) de ella.

Es indispensable que la armadura se coloque paralela a la superficie del pavimento, por lo que las secciones de malla se deberán suministrar en témpanos y no en rollos.

Las varillas transversales irán debajo de las longitudinales y el recubrimiento de éstas, cuando se trate de la armadura superior, se deberá encontrar entre sesenta y ochenta milímetros (60 mm - 80 mm).

#### **4.10 Colocación del concreto**

Antes de vaciar el concreto, la superficie de apoyo se deberá encontrar preparada, de acuerdo con lo descrito en el numeral 4.4.

La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga será de un metro (1.0 m), procurándose que ello ocurra lo más cerca posible del lugar definitivo de colocación, para reducir al mínimo las posteriores manipulaciones. El concreto se deberá colocar, vibrar y acabar antes de que transcurra una (1) hora desde el momento de su mezclado. Sin embargo, el Interventor podrá autorizar un aumento de este plazo, si ocurren condiciones favorables de humedad y temperatura, si se emplean camiones mezcladores o camiones provistos de agitadores o si se adoptan precauciones para retardar el fraguado del concreto.

El concreto terminado deberá ser denso y homogéneo, sin segregación y conforme con los requerimientos de esta especificación. No se deberán emplear retroexcavadoras ni motoniveladoras para distribuir el concreto frente a la pavimentadora. No se emplearán cargadores frontales. Todo el concreto se consolidará sin hormigueros ni segregación, incluso debajo y alrededor de todos los dispositivos de transferencia de carga, unidades de ensamblaje de juntas y otros elementos embebidos en el pavimento.

Se podrá permitir el transporte de equipos sobre un pavimento contiguo, previamente construido, cuando la resistencia del concreto alcance una resistencia a la flexión de 3.8 MPa, basada en el promedio de cuatro especímenes curados en campo por cada mil quinientos metros cúbicos (1,500 m<sup>3</sup>) de concreto colocado. El Constructor deberá determinar que las resistencias mínimas son adecuadas para proteger el pavimento de sobrecargas debidas al equipo de construcción propuesto para el proyecto.

El Constructor deberá tener materiales disponibles para la protección del concreto durante climas frío, caliente y/o inclemente de acuerdo con el numeral 4.25.

**a. Construcción con formaleta deslizante**

El concreto se distribuirá uniformemente en la posición final mediante una pavimentadora autopropulsada de formaleta deslizante. La alineación y elevación de la pavimentadora se regularán con las líneas exteriores de referencia establecidas para tal fin.

Cuando la puesta en obra del concreto se realice con pavimentadoras de formaletas deslizantes, la descarga y la extensión previa del concreto en todo el ancho de pavimentación se realizarán de modo suficientemente uniforme para no desequilibrar el avance de la pavimentadora. Esta precaución se deberá extremar al pavimentar en pendientes.

Se cuidará que delante de la maestra enrasadora se mantenga, en todo momento, y en toda la anchura de pavimentación, un volumen suficiente de concreto fresco en forma de cordón, de unos diez centímetros (10 cm) de altura como máximo; delante de los fratasos de acabado se mantendrá un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

Se dispondrán pasarelas móviles, con el fin de facilitar la circulación del personal y evitar daños al concreto fresco. Los tajos de vaciado deberán tener todos sus accesos bien señalizados y acondicionados para proteger el pavimento recién construido.

La pavimentadora debe hacer vibrar el concreto en todo el ancho y la profundidad de la franja de pavimento que se está colocando y la vibración debe ser adecuada para proporcionar una consistencia al concreto que le permita mantenerse perpendicular a la superficie y con bordes bien definidos. Las formaletas deslizantes se mantendrán rígidamente unidas para evitar que se desplacen lateralmente. El concreto fresco se consolidará mediante vibración interna con unidades vibratorias transversales para todo el ancho del pavimento y/o una serie de unidades vibratorias longitudinales uniformemente espaciadas. La distancia desde el borde exterior del pavimento hasta la unidad longitudinal no debe exceder los veinte centímetros (20 cm) para la formaleta deslizante o estará al final de las dovelas para los carriles construidos entre carriles existentes. El espaciado de las unidades internas debe ser uniforme y no exceder los cincuenta centímetros (50 cm).

El término vibración interna significa unidades vibratorias ubicadas dentro del espesor especificado de la sección del pavimento.

La tasa de vibración de cada unidad debe ser suficiente para consolidar el pavimento sin segregación, hormigueros o senderos vibratorios y la amplitud de vibración debe ser suficiente para ser perceptible en la superficie del concreto a lo largo de toda la longitud de la unidad vibratoria y a una distancia de al menos treinta centímetros (30 cm). La frecuencia de vibración o amplitud debe ajustarse proporcionalmente con la velocidad de desplazamiento para obtener una densidad y un contenido de aire uniformes. La máquina pavimentadora deberá estar equipada con un tacómetro u otro dispositivo adecuado para medir e indicar la frecuencia real de vibraciones.

El concreto se mantendrá con una consistencia uniforme. La pavimentadora de formaleta deslizante se debe operar con un movimiento de avance lo más continuo posible y todas las operaciones de mezclado, entrega y extendido del concreto deben coordinarse para proporcionar un progreso uniforme reduciendo al mínimo las paradas y arranques de la pavimentadora. Si por alguna razón fuera necesario detener el movimiento de avance de la pavimentadora, los elementos vibratorios y apisonadores también se detendrán inmediatamente. No se aplicará fuerza de tracción a la máquina, excepto la que se controle desde esta.

Cuando el concreto se coloque contra un pavimento existente, la parte del equipo de colocación que repose sobre éste deberá estar equipada con cojines de protección en sus orugas o con llantas de caucho, que circulen a suficiente distancia del borde del pavimento, para evitar la rotura o el agrietamiento de éste.

No más del 15% del borde libre total de cada segmento de pavimento de ciento cincuenta metros (150 m), o fracción de este, deberá tener un asentamiento de borde que exceda seis milímetros (6 mm), y ninguna parte del borde libre del pavimento deberá tener un asentamiento de borde superior a nueve milímetros (9 mm). El área afectada por el movimiento hacia abajo del concreto a lo largo del borde del pavimento se limitará a no más de cincuenta centímetros (50 cm) desde el borde.

Cuando no se pueda corregir el asentamiento excesivo del borde antes de que el concreto se haya endurecido, el área con un asentamiento excesivo del borde se eliminará en todo el ancho del carril de la formaleta deslizante y se reemplazará a expensas del Constructor según lo indique el Interventor.

#### **b. Construcción con formaleta fija**

Las formaletas se perforarán antes alinearlas y nivelarlas para acomodar las barras de anclaje o las dovelas donde se especifiquen. Inmediatamente antes de colocar el concreto y después de que se completen todas las operaciones de construcción de la capa de apoyo, las formaletas laterales deben rectificarse y mantenerse alineadas y niveladas en una distancia suficiente para evitar retrasos en la colocación del concreto.

Las formaletas laterales deben permanecer en su lugar al menos doce (12) horas después de la colocación del concreto y, en todos los casos, hasta que el borde del pavimento ya no requiera la protección de la formaleta. El compuesto de curado se debe aplicar al concreto inmediatamente después de que se hayan retirado las formaletas.

Las formaletas laterales deben limpiarse minuciosamente y recubrirse con un agente desmoldante cada vez que se utilicen y antes de colocar concreto contra ellas.

El Concreto debe extenderse, enrasarse, moldearse y consolidarse mediante una o más máquinas autopropulsadas. Estas máquinas distribuirán y consolidarán uniformemente el hormigón sin segregación, de modo que el pavimento terminado se ajuste a la sección transversal requerida con un mínimo de trabajo manual.

El número y la capacidad de las máquinas suministradas deberá ser adecuado para realizar el trabajo requerido a una velocidad igual a la de entrega del concreto. El equipo deberá estar diseñado específicamente para su colocación y acabado empleando formaletas laterales estacionarias. Los métodos y equipos serán revisados y aceptados por el Interventor.

El concreto de todo el ancho de pavimentación debe consolidarse mediante vibradores internos. El índice de vibración de cada unidad vibratoria deberá ser suficiente para consolidar el pavimento sin segregación, hormigueros o dejar rastros de vibración.

La energía de los vibradores debe estar conectada de manera que la vibración cese cuando se detenga el movimiento hacia adelante o hacia atrás de la máquina.

#### **c. Consolidación**

El concreto se consolidará con equipos vibratorios mecánicos de inmersión, montados en grupo en frente de la pavimentadora y para todo el ancho del carril, complementados, en raras ocasiones y según lo especificado, con vibradores manuales. Los vibradores deben insertarse en el concreto a una profundidad que proporcione la mejor

consolidación de todo el espesor, pero al menos a cincuenta milímetros (50 mm) de la capa subyacente. No se deben emplear los vibradores para transportar o esparcir el concreto. En todo momento y para cada tren de pavimentación se mantendrá en el sitio al menos una aguja vibradora adicional o piezas suficientes para un rápido reemplazo y reparación de los vibradores. Cualquier evidencia de consolidación inadecuada (hormigueros a lo largo de los bordes, grandes bolsas de aire o cualquier otra evidencia) o sobreconsolidación (rastros de vibración, segregación o cualquier otra evidencia) requerirá la detención inmediata de la operación de pavimentación y el ajuste del equipo o los procedimientos aprobados por el Interventor.

El control de la densidad se realizará como se indica en el numeral 5.2.8.3.

#### **d. Extensión y compactación manual**

En los casos en que el Interventor autorice la extensión y la compactación del concreto por medios manuales, se mantendrá siempre un volumen suficiente de mezcla delante de la regla vibratoria y se continuará compactando hasta que se haya conseguido la forma prevista y el mortero refluya ligeramente a la superficie.

En el caso de suspender la colocación del concreto por más de media (½) hora, se protegerá el frente del pavimento con telas de fique húmedas. Si el lapso de interrupción supera el plazo máximo admitido entre la mezcla y la terminación de la puesta en obra, se dispondrá una junta transversal de construcción, de acuerdo con lo que se indica en el numeral 4.12.

El Constructor deberá ajustar los métodos y equipos de colocación y compactación siempre que se observen segregación o vacíos en el concreto colocado y compactado.

Si el Interventor considera que la compactación es deficiente, se requerirá la ejecución de ensayos de verificación de densidad. Estos ensayos de verificación consistirán en la toma de núcleos del concreto terminado después de, al menos, cuarenta y ocho (48) horas de curado. La densidad se determinará en la condición saturada y seca superficialmente, según el método ASTM C642. Los ensayos se tomarán por lo menos uno (1) cada trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m<sup>3</sup>) de concreto.

La densidad promedio de los núcleos no podrá ser menor de noventa y siete por ciento (97 %) y ningún núcleo tendrá una densidad menor de noventa y seis por ciento (96 %), con respecto a la densidad del concreto elaborado al definir la fórmula de trabajo. Si estas condiciones no se cumplen, se considerará que la vibración es inadecuada y se deberá mejorar, de manera que los requisitos anteriormente establecidos se logren en las posteriores verificaciones.

#### **e. Colocación del refuerzo**

En los pavimentos reforzados, el vaciado del concreto se hará en dos (2) capas, vertiendo la segunda capa encima de la armadura, lo más rápido que resulte posible, antes de que comience el fraguado de la primera. El plazo para la puesta en obra de ambas capas no podrá exceder de una (1) hora. Si alguna porción de la capa inferior de concreto pasa más de treinta (30) minutos sin cubrirse con la capa superior, o si se ha producido el fraguado inicial, deberá retirarse y reemplazarse con concreto recién mezclado a costa del Constructor.

### **4.11 Identificación de las losas**

Todas las losas deberán recibir una identificación, la cual se imprimirá en un sitio previsto para una de sus esquinas.

## **4.12 Juntas**

Las juntas se construirán como se muestra en los planos y de acuerdo con estas especificaciones. Todas las juntas se construirán con sus caras perpendiculares a la superficie del pavimento y se terminarán o cantearán como se muestra en los planos. Las juntas no deben variar más de doce milímetros (12 mm) de su posición designada y deben ser fieles a su alineamiento con una variación de no más de seis milímetros (6 mm) en tres metros (3 m). La superficie a través de las juntas se probará con una regla de 12 pies (3.7 m) a medida que las juntas estén terminadas y cualquier irregularidad que exceda de seis milímetros (6 mm) se corregirá antes de que el concreto se haya endurecido. Todas las juntas deberán ser preparadas, terminadas o cortadas para proporcionar una ranura de ancho y profundidad uniformes como se muestra en los planos.

### **a. Construcción**

Las juntas de construcción longitudinales deben formarse con formaletas deslizantes o fijas, tal como se muestra en los planos.

Las juntas de construcción transversales deben instalarse al final de las operaciones de colocación de cada día y en cualquier otro punto dentro de un carril de pavimentación cuando la colocación de concreto se interrumpe por más de treinta (30) minutos o parece que el concreto comenzará su fraguado inicial antes de que llegue el concreto fresco. La instalación de la junta se ubicará en una junta de expansión o contracción planificada. Si se detiene la colocación del concreto, el Constructor deberá retirar el exceso de concreto hasta la anterior junta planificada.

### **b. Contracción**

Las juntas de contracción se instalarán en las ubicaciones y con el espaciamiento que se muestra en los planos. Las juntas de contracción se crearán formando una ranura o hendidura en la parte superior de la losa mientras el concreto todavía está fresco o cortando una ranura en la superficie del concreto después de que este se haya endurecido. Cuando la ranura se forma en concreto fresco, sus lados deben tener un acabado uniforme y liso con una herramienta para cantar. Si se utiliza un material de inserción, la instalación y el acabado de los bordes deben estar de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La ranura debe tener un acabado o un corte limpio de modo que se evite el desportillamiento en las intersecciones con otras juntas. El ranurado o aserrado producirá una ranura de al menos tres milímetros (3 mm) de ancho y con la profundidad que se muestra en los planos.

### **c. Aislamiento (expansión)**

Las juntas de aislamiento se instalarán como se muestra en los planos. El relleno premoldeado y con el espesor que se muestra en los planos se extenderá por toda la profundidad y el ancho de la losa. El relleno se sujetará uniformemente a lo largo de la cara de la junta endurecida sin pandeo ni escombros entre el relleno y la cara del concreto, incluyendo un relleno temporal para el depósito del sello en la parte superior de la losa. Los bordes de la junta deben terminarse y labrarse mientras el concreto aún es plástico.

No se emplearán dovelas en las juntas de expansión. El método preferido de transferencia de carga para este tipo de junta es el incremento del espesor en el borde libre.

### **d. Barras de amarre y pasadores en las juntas**

#### **(1) Barras de amarre**

Las barras de amarre son barras corrugadas instaladas en las juntas como se muestra en los planos. Las barras de amarre deben colocarse en ángulo recto con la línea central de la losa de concreto y deben estar espaciadas a los

intervalos que se muestran en los planos. Deben mantenerse en posición paralela a la superficie del pavimento y en el espesor medio de la losa. Cuando las barras de amarre se extienden a un carril sin pavimentar en juntas de construcción longitudinales, pueden doblarse contra la formaleta a menos que se especifiquen pernos roscados u otras barras de amarre ensambladas. Las barras de amarre no deben pintarse, engrasarse o insertarse en mangas. Cuando las operaciones de formaleta deslizante requieren barras de amarre, se pueden instalar pernos de gancho de dos piezas.

## **(2) Barras dovelas o pasadores**

Las barras dovelas o pasadores se colocarán a través de las juntas con los alineamientos horizontal y vertical adecuados, tal como se muestra en los planos. Los pasadores deberán estar recubiertos con un antiadherente u otro lubricante recomendado por el fabricante y aprobado por el Interventor. Los pasadores de las juntas de construcción longitudinales se adherirán en agujeros perforados en el concreto.

## **(3) Instalación de pasadores y barras de amarre**

El espaciamiento horizontal de los pasadores deberá estar dentro de una tolerancia de  $\pm 19$  mm. La ubicación vertical en la cara de la losa deberá estar dentro de una tolerancia de  $\pm 12$  mm. El método empleado para instalar los pasadores debe garantizar que los alineamientos horizontal y vertical no se desviarán más de 6 mm por cada 30 centímetros, excepto en las juntas de la corona y otras en sitios de cambio de pendiente, donde se medirá los pasadores con respecto a una superficie nivelada. Se deberá comprobar la alineación horizontal y perpendicular al borde de la junta de los pasadores. La parte de cada pasador que debe moverse dentro del concreto debe limpiarse y cubrirse con una película delgada y uniforme de aceite lubricante o grasa ligera antes de colocar el concreto. Los pasadores se instalarán como se especifica en los siguientes párrafos:

### **(a) En juntas de contracción**

Los pasadores y las barras de amarre en las juntas de contracción longitudinales y transversales del carril de pavimentación deben mantenerse firmemente en su lugar por medio de marcos de metal rígido o conjuntos de canastas de un tipo aprobado.

La rigidez de la canasta en su posición definitiva será tal, que al aplicar a un extremo de cualquier pasador una fuerza de ciento veinte newtons (120 N) en dirección horizontal o vertical, el desplazamiento del extremo del pasador no sea superior al cinco por mil (0.5 %) de su longitud.

A discreción del Constructor, los pasadores y las barras de amarre en las juntas de contracción se pueden instalar mediante la inserción en el concreto plástico empleando equipos y procedimientos aprobados según el diseño del fabricante de la pavimentadora. La aprobación de los métodos de instalación se basará en los resultados de la franja de control que muestre que los pasadores y las barras de amarre están instaladas dentro de las tolerancias especificadas, verificadas mediante núcleos o con dispositivos no destructivos de ubicación de barras de refuerzo aprobados por el Interventor.

### **(b) En juntas de construcción**

Se instalarán los pasadores y las barras de amarre mediante el método de vaciado in situ o mediante perforación. No se permitirá la instalación quitando y reemplazando en agujeros preformados. Los pasadores y las barras de amarre deberán colocarse a través de las juntas donde se indique, correctamente alineadas y sostenidas de manera segura en la posición horizontal y vertical adecuada durante las operaciones de colocación y acabado, por medio de dispositivos sujetos a los encofrados.

### **(c) Juntas en concreto endurecido**

Los pasadores se instalarán en concreto endurecido en orificios perforados en este. El concreto debe haber curado durante siete (7) días o alcanzado una resistencia mínima a la flexión de 3.1 MPa antes de comenzar la perforación. Los orificios se perforarán en el concreto endurecido empleando taladros de núcleo rotatorio y con un diámetro 3 mm mayor que los pasadores. Se pueden emplear taladros de percusión rotativos, siempre que no se produzca un desportillamiento excesivo. El desprendimiento más allá de los límites del anillo de retención de lechada del pasador requerirá la modificación del equipo y la operación de perforación. La profundidad del orificio del pasador deberá estar dentro de una tolerancia de  $\pm 12$  mm de la dimensión que se muestra en los planos. Una vez finalizada la perforación, el orificio del pasador se limpiará con aire comprimido sin aceite. Los pasadores se adherirán en los orificios perforados con resina epóxica. Se inyectará resina epóxica en la parte posterior del orificio antes de instalar el pasador y se extruirá en el collar durante la inserción del pasador para llenar completamente el vacío alrededor de este. No se permitirá la aplicación embadurnando el epóxica sobre el pasador. Los pasadores se mantendrán alineados en el collar del orificio por medio de un anillo de retención de lechada, de plástico o metal, colocado alrededor del pasador.

### **4.13 Ejecución de las juntas en fresco**

En las juntas longitudinales resultantes de colocar una franja de concreto contra otra ya construida, se aplicará al canto de ésta un producto que evite la adhesión del concreto nuevo con el antiguo.

Se tendrá especial cuidado de que el concreto nuevo que se coloque a lo largo de la junta sea homogéneo y quede perfectamente compactado. No se permitirán juntas de tipo machihembrado. Si se observan desperfectos en el borde construido, ellos se deberán corregir antes de aplicar el producto antiadherente.

Las juntas transversales de construcción que se ejecuten en fresco irán siempre provistas de pasadores y se dispondrán al fin de la jornada de trabajo o cuando se presente una interrupción que haga temer el comienzo del fraguado, tal como se indicó en el numeral 4.10. Siempre que sea posible, se harán coincidir estas juntas con una junta transversal de contracción o una de dilatación y, de no ser así, se dispondrán a más de un metro y medio (1.5 m) de distancia de la junta más próxima.

### **4.14 Acabado superficial**

El acabado será subsiguiente a las operaciones de colocación y comenzará inmediatamente detrás del enrasado de la pavimentadora. El acabado inicial lo proporcionará la regla transversal o la placa de extrusión. La secuencia de operaciones debe ser: (i) acabado transversal, (ii) máquina longitudinal flotante si se utiliza, (iii) acabado con regla, (iv) ribeteado de juntas y (v) texturizado. El acabado se realizará con el método mecánico. El método manual solo se debe emplear en áreas aisladas o con losas de formas extrañas, y en caso de avería del equipo de acabado mecánico. El acabado manual suplementario del acabado mecánico se mantendrá al mínimo absoluto. Cualquier operación de acabado mecánico que requiera un acabado manual apreciable, salvo por una cantidad moderada de acabado con regla, se detendrá inmediatamente y se harán los ajustes adecuados o se reemplazará el equipo. El equipo, la mezcla y/o los procedimientos que produzcan más de seis milímetros (6 mm) de superficie rica en mortero se modificarán inmediatamente según sea necesario para eliminar esta condición o cesarán las operaciones. Se deberán compensar el levantamiento detrás de la regla o la placa de extrusión y el asentamiento durante el endurecimiento y se deberá tener cuidado para asegurar que las máquinas de pavimentación y acabado estén correctamente ajustadas para que la superficie terminada del concreto y no solo los bordes cortantes de las reglas tengan el alineamiento y cotas requeridas. Los equipos y herramientas de acabado deben mantenerse limpios y en condiciones aprobadas por el Interventor. En ningún momento se agregará agua a la superficie de la losa con

el equipo o herramientas de acabado, o de cualquier otra forma. Los aerosoles de niebla u otras ayudas de acabado aplicadas a la superficie y especificadas para evitar el agrietamiento por contracción plástica pueden usarse de acuerdo con los requisitos del fabricante y previa aprobación del Interventor.

**a. Acabado mecánico con pavimentadoras de formaleta deslizante**

La pavimentadora de formaleta deslizante se debe operar de manera que solo se requiera un mínimo de trabajo de acabado adicional para producir superficies y bordes de pavimento que cumplan con las tolerancias especificadas. Cualquier equipo o procedimiento que no cumpla con estos requisitos deberá reemplazarse o modificarse inmediatamente según sea necesario. Para eliminar pequeñas irregularidades y marcas de rayones mientras el concreto aún es plástico se puede emplear un flotador de tubería, no giratorio y autopropulsado. Solo se permitirá una pasada del flotador de tubería. El equipo, la mezcla y/o los procedimientos que produzcan más de seis milímetros (6 mm) de superficie rica en mortero se modificarán inmediatamente, según sea necesario, para eliminar esta condición o cesarán las operaciones. Se deberá retirar el exceso de lechada de la superficie con una regla de corte y se limpiará el borde de esta. Cualquier lechada que corra por los bordes verticales se eliminará inmediatamente a mano empleando cepillos rígidos o raspadores. No se debe acumular lechada, concreto o mortero de concreto a lo largo de los bordes del pavimento para compensar el hundimiento excesivo de estos, ya sea mientras el concreto es plástico o después de que se endurece.

**b. Acabado mecánico con formaleta fija**

La máquina se diseñará para montar a horcajadas sobre las formaletas y se empleará para enrasar y consolidar el concreto. Se sustituirán las máquinas que provoquen el desplazamiento de las formaletas. La máquina debe hacer una sola pasada por cada área del pavimento. Si el equipo y los procedimientos no producen una superficie de textura uniforme, ajustada a los niveles en una pasada, la operación se detendrá inmediatamente y el equipo, la mezcla y los procedimientos se ajustarán según sea necesario.

**c. Otros tipos de equipos de acabado**

En la obra principal de pavimentación no se permiten las reglas tipo Clary, otros flotadores de tubo giratorio, o terminadores de plataforma; no obstante, se podrán permitir en losas irregulares o de formas extrañas, y cerca de edificios o desagües de zanjas, sujeto a la aprobación del Interventor.

Los terminadores de plataforma deberán tener un peso operativo mínimo de 3,400 kg y deberán tener un carro de operación transversal que contenga un sinfín desmontable y un mínimo de dos vibradores de inmersión. Las reglas o bandejas vibratorias se deben usar solo para losas aisladas, donde se permite el acabado manual según lo especificado, y solo donde se apruebe taxativamente.

**d. Acabado a mano**

No se permitirán los métodos de acabado manual, excepto bajo las siguientes condiciones: (1) en caso de avería del equipo mecánico se podrán emplear métodos manuales para el acabado del concreto ya depositado en el nivel y (2) en áreas de poco ancho o de dimensiones irregulares donde el funcionamiento del equipo mecánico no es práctico.

**e. Evaluación con la regla y corrección de superficie**

Luego de que el pavimento se ha enrasado, y mientras el concreto aún es plástico, se debe evaluar su planicidad con una regla de 12 pies (3.7 m) colgada de manijas capaces de abarcar al menos la mitad del ancho de la losa. La

regla se mantendrá en contacto con la superficie en sucesivas posiciones paralelas a la línea central y se pasará toda el área de un lado de la losa al otro, según sea necesario. El avance será en etapas sucesivas de no más de la mitad de la longitud de la regla. Se eliminará de la superficie del pavimento cualquier exceso de agua y lechada de más de tres milímetros (3 mm) de espesor. Todas las depresiones se rellenarán inmediatamente con hormigón recién mezclado, se eliminarán, consolidarán y se volverán a acabar. Las áreas altas deben cortarse y restaurarse. Se debe prestar especial atención para asegurar que la superficie a través de las juntas cumpla con los requisitos de regularidad. Las evaluaciones con la regla y las correcciones de la superficie deben continuar hasta que se encuentre que toda la superficie está libre de desviaciones observables de la regla y hasta que la losa se ajuste a los niveles y sección transversal requeridas. El uso de flotadores de madera de mango largo se limitará al mínimo; solo pueden emplearse en emergencias y en áreas no accesibles al equipo de acabado.

#### **4.15 Texturizado superficial**

La superficie del pavimento de concreto recién construido se terminará como se indica a continuación. Es importante que el equipo de texturizado no rasgue ni raspe indebidamente la superficie del pavimento durante la operación. La textura será uniforme en apariencia y aproximadamente de dos milímetros (2 mm) de profundidad. Cualquier imperfección resultante de la operación de texturizado se corregirá a satisfacción del Interventor.

##### **a. Acabado de arrastre de arpillera**

La arpillera tendrá un peso de por lo menos 555 gramos por metro cuadrado. Para obtener una superficie texturizada, deben quitarse los hilos transversales de la arpillera aproximadamente a treinta centímetros (30 cm) del borde de salida. La acumulación de lechada en los hilos de la arpillera producirá las estrías longitudinales amplias y anchas deseadas para la superficie del pavimento.

##### **b. Acabado con peine metálico**

Se aplicará cuando el brillo del agua prácticamente haya desaparecido y antes de que comience a fraguar el concreto. El equipo operará transversalmente a través de la superficie del pavimento creando una textura transversal homogénea, en forma de estriado, mediante la aplicación manual o mecánica del peine de dientes metálicos citado en el numeral 3.5.3.

#### **4.16 Protección del concreto fresco**

Durante el tiempo de fraguado, el concreto deberá protegerse contra el lavado por lluvia, contra la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja. El Constructor tendrá la responsabilidad de medir las temperaturas del concreto del concreto y del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento en el sitio de extensión del concreto. Cuando la combinación de estos factores indique que la velocidad de evaporación excede de 0.50 kg/m<sup>2</sup> por hora, deberá tomar precauciones para limitar las pérdidas de humedad o, de lo contrario, deberá suspender las operaciones de pavimentación mientras la tasa de evaporación exceda el valor citado.

En épocas lluviosas, el Interventor podrá exigir al Constructor la colocación de un toldo sobre las máquinas de puesta en obra o un tren de tejadillos bajos, de color claro, cerrados y móviles, que cubran una longitud de construcción igual, al menos, a cincuenta metros (50 m). Alternativamente, podrá autorizar la colocación de materiales impermeables sobre el concreto fresco, hasta que adquiera la resistencia suficiente para que el acabado superficial no sea afectado por la lluvia. Si el Constructor no atiende esta sugerencia y las losas sufren deslavado por tal efecto, deberá someter la superficie a ranurado transversal mecánico, a sus expensas, y a plena satisfacción del Interventor.

Durante un período que, en general no será inferior a tres (3) días a partir de la colocación del concreto, estará prohibido cualquier tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierras mecánicas.

#### **4.17 Curado del concreto**

La selección del tipo de curado, así como el momento adecuado para su aplicación, dependerán de las características específicas del proyecto, tales como las condiciones ambientales y el tipo de mezcla. Es responsabilidad del Constructor proponer, para aprobación del Interventor, el sistema de curado, así como implementar los cambios, tanto en los sistemas como en los equipos de curado, en caso de que los resultados dejen de ser satisfactorios en algún momento.

En el caso de los concretos de fraguado rápido, normalmente se requiere un sistema de curado doble: primero la aplicación de productos químicos que forman una película impermeable y, sobre ésta, la instalación de membranas de polietileno o de papel.

El curado se deberá hacer inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial.

El curado del concreto se deberá realizar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de las losas, por un período no inferior a siete (7) días y, de ser posible, se deberá prolongar hasta diez (10) días. Sin embargo, el Interventor podrá modificar dicho plazo, a la vista de los resultados obtenidos sobre muestras del concreto empleado en la construcción del pavimento.

##### **4.17.1 Curado con productos químicos que forman película impermeable**

Cuando el curado se realice con productos de este tipo, ellos se deberán aplicar inmediatamente hayan concluido las labores de colocación y de acabado del concreto y el agua libre de la superficie haya desaparecido completamente. Sin embargo, bajo condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes vientos o lluvias, el producto se deberá aplicar antes de que se cumpla dicho plazo. El compuesto de curado no se debe aplicar durante la lluvia.

El producto de curado que se emplee deberá cumplir las especificaciones dadas por el fabricante y la dosificación de estos productos se hará siguiendo las instrucciones de este. Su aplicación se llevará a cabo con un equipo que asegure su aspersión como un rocío fino, de forma continua y uniforme, en la cantidad autorizada por el Interventor, la cual no podrá ser inferior a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado (250 g/m<sup>2</sup>). El equipo aspersor deberá estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y tendrá un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

Cuando las juntas se realicen por aserrado, se aplicará el producto de curado sobre las paredes de ellas. También, se aplicará sobre áreas en las que, por cualquier circunstancia, la película se haya estropeado durante el período de curado.

Cuando el concreto se haya colocado entre formaletas fijas, al retiro de éstas se deberán proteger los lados expuestos de las losas con un tratamiento igual al aplicado sobre la superficie.

Se permitirá la pulverización manual en áreas de formas irregulares y superficies de concreto expuestas por el retiro de formaletas. Cuando el Interventor apruebe la pulverización manual se debe emplear una tasa de aplicación doble para garantizar la cobertura. Si la película se daña por cualquier causa, incluidas las operaciones de aserrado,

dentro del período de curado requerido, las partes dañadas se repararán inmediatamente con compuesto adicional u otros medios aprobados.

No se permitirá la utilización de productos que formen películas cuyo color sea negro.

#### **4.17.2 Curado por humedad**

Cuando se opte por este sistema de curado, la superficie del pavimento se cubrirá con telas de fique o algodón, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad, una vez que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para que el acabado superficial del pavimento no se vea perjudicado por la colocación de estos elementos.

Dichos materiales no podrán estar impregnados ni contaminados por sustancias perjudiciales al concreto o que puedan ensuciar o decolorar la superficie del pavimento.

Mientras llega el momento de colocar el producto protector, la superficie del pavimento se mantendrá húmeda, aplicando agua en forma de rocío fino y nunca en forma de chorro. Los materiales utilizados en el curado se mantendrán saturados todo el tiempo que dure éste.

#### **4.17.3 Curado mediante membranas de polietileno o de papel**

Cuando se adopte este método de curado, las membranas, que deberán cumplir con los requisitos mencionados en el numeral 2.3.3, se colocarán cuando la superficie de concreto tenga la suficiente resistencia para que el pavimento no se vea afectado en su acabado. Durante el intervalo transcurrido mientras esto sucede, se aplicará agua en forma de rocío para mantener la superficie húmeda.

Se deberá asegurar la permanencia de las membranas durante todo el período previsto de curado, traslapando las fajas al menos doscientos milímetros (200 mm) y asegurando con pesos los bordes y los traslapes, para impedir el levantamiento de las membranas por acción del viento.

No se permitirá la utilización de membranas de color negro.

#### **4.18 Remoción de formaletas**

Cuando el pavimento se construya entre formaletas fijas, el retiro de las formaletas se efectuará luego de transcurridas dieciséis (16) horas a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el Interventor podrá aumentar o reducir el tiempo, en función de la consistencia alcanzada por el concreto.

Si se observan hormigueros cuando se retiran las formaletas, se deberán revisar los materiales, la colocación y los métodos de consolidación y hacer los ajustes apropiados para asegurar una consolidación adecuada en los bordes de futuros extendidos de concreto. Los hormigueros que se extienden dentro de la losa menos de 25 mm deben repararse con una lechada aprobada, según lo indique el Interventor. Los hormigueros que se extienden dentro de la losa a más de 25 mm se considerarán obras defectuosas y deberán demolerse y reemplazarse a costa del Constructor.

#### **4.19 Aserrado de juntas**

Antes de proceder al aserrado, se deberán trazar sobre el pavimento, de acuerdo con el diseño y la localización de los pasadores y las barras de amarre, los ejes topográficos para los cortes de las juntas, los cuales deberán ser continuos.

El corte de las juntas deberá comenzar, sin importar si es de día o de noche, por las juntas transversales de contracción e inmediatamente después continuar con las juntas longitudinales, salvo en el caso que se explica más adelante. Este corte se deberá iniciar cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución (no se presenten desportillamientos) y antes que se produzcan agrietamientos no controlados.

El momento propicio para efectuar la actividad de corte se definirá en el tramo de prueba y deberá ser tal, que no genere la aparición de fisuras por tiempos tardíos o que se presente pérdida de agregados en la junta o daños en los bordes de la losa o de la junta. Sin embargo, una vez comenzado el corte, éste se deberá continuar hasta finalizar todas las juntas. El inicio de los trabajos de corte se deberá definir mediante estudios previos, en los cuales se establezca el momento óptimo de corte, de acuerdo con las condiciones ambientales.

En caso de urgencia, por ejemplo, cuando se presenta un daño grave en una máquina o cuando se presenta un cambio rápido de humedad, se podrá cortar una de cada tres (3) juntas transversales y luego, lo más pronto posible, se cortarán las juntas faltantes antes de veinticuatro (24) horas de colocado el concreto.

Se realizará un corte inicial con un ancho de tres milímetros (3 mm) y a una profundidad de un tercio ( $\frac{1}{3}$ ) del espesor de la losa de concreto, con el fin de inducir la falla controlada.

Posteriormente, se efectuará un ensanchamiento del corte para poder alojar el material de sello, de acuerdo con los planos del proyecto. El segundo corte se deberá realizar antes de cuarenta y ocho (48) horas de la colocación del sello.

Las juntas longitudinales se podrán aserrar en cualquier momento, después de transcurridas veinticuatro (24) horas, y antes de las setenta y dos (72) horas desde la terminación del pavimento, siempre que se asegure que no habrá circulación alguna, ni siquiera la de obra, hasta que se haya hecho esta operación. No obstante, cuando se espere un descenso de la temperatura ambiente de más de quince grados Celsius ( $15^{\circ}$  C) entre el día y la noche, las juntas longitudinales se aserrarán al mismo tiempo que las transversales.

Toda la lechada y los desechos producidos en el aserrado de juntas se eliminarán mediante aspiración y lavado. El compuesto o sistema de curado debe volver a aplicarse en el corte de sierra inicial y mantenerse durante el período de curado restante.

Si a causa de un aserrado prematuro se astillan los bordes de las juntas, ellos se deberán reparar con un mortero de una resina epóxica apropiada, de las características indicadas en el numeral 2.6.

#### **4.20 Preparación de las juntas para el sello**

Inmediatamente después del corte final, los excesos de cemento, lechadas, material de curado o cualquier otro elemento, deberán ser completamente removidos de la junta mediante chorro de agua a presión de 10 MPa. Cuando finalice la limpieza de la junta, ésta deberá soplarse con un compresor de aire, de las características indicadas en el numeral 3.9.

Si los documentos técnicos del proyecto exigen una limpieza adicional con chorro de arena, ésta se realizará como se indica a continuación: Cuando la superficie esté limpia y seca y justo antes de colocar la tirilla de respaldo y el sello, la junta será tratada con dos pasadas de chorro de arena o hidro-arenado como mecanismo de preparación de superficie; por ejemplo, una pasada en cada una de las caras de la junta. Luego, se deberá utilizar aire comprimido para remover de la junta todos los residuos de polvo. Los compresores de aire deberán estar equipados con unas trampas adecuadas, capaces de remover toda el agua y toda la grasa presentes en el aire comprimido.

Las ranuras aserradas y limpias se deberán inspeccionar, para asegurar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad especificada y que se haya removido toda materia extraña.

Hasta el momento del sellado de las juntas, éstas se deberán proteger obligatoriamente con elementos sintéticos de sección en T, con el fin de evitar la introducción de elementos extraños y daños en los bordes. Las alas de la T se deberán apoyar en la parte superior de la losa.

No se permitirá ningún almacenamiento de material sobre las losas recién construidas.

#### **4.21 Sellado de las juntas**

El sistema de sellado de juntas deberá garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, la resistencia al arrastre por las llantas, la resistencia a la acción del agua, de los solventes, de los rayos ultravioleta y a la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

##### **4.21.1 Instante de aplicación del sello**

Las juntas deberán sellarse pasados veintiuno (21) a veintiocho (28) días de edad del concreto, tan pronto como las condiciones climáticas lo permitan y antes de que el pavimento sea abierto al tránsito, incluido el equipo de construcción. En el momento de la aplicación del componente de sello, la temperatura ambiente deberá estar por encima de diez grados Celsius (10°C) y no debe haber lluvia ni fundados temores de que ella pueda ocurrir.

El sello se deberá realizar, preferiblemente, en horas diurnas, cuando la junta esté en el intermedio de su movimiento esperado. En caso de que se requiera la aplicación del material de sello antes de la edad especificada, se deberán utilizar imprimantes que creen una barrera de vapor y garanticen una total adherencia del material sellante a los bordes de la junta.

##### **4.21.2 Instalación del sello**

Antes de sellar las juntas, el Constructor deberá demostrar que el equipo y los procedimientos para preparar, mezclar y colocar el sello producirán un sello de junta satisfactorio. El Interventor deberá verificar que los procedimientos de instalación propuestos estén de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Antes de iniciar esta tarea en forma masiva, se ejecutarán dos pruebas de instalación en juntas, de cincuenta metros lineales (50 m) cada una, las cuales deberán ser aprobadas por el Interventor.

Para conservar un buen nivel de productividad y calidad, se deberán mantener durante el período total de la obra, las personas y los equipos de trabajo usados para estas pruebas. Los cambios del personal, materiales o equipos deberán notificarse al Interventor e implican la realización de nuevos tramos de prueba.

Las juntas deberán verificarse en lo que corresponde a ancho, profundidad, alineamiento y preparación de la superficie de los bordes de junta, y el material de sello deberá tener la aprobación del Interventor, antes de que sea aplicado.

Para sellar las juntas se emplearán llenantes elastoméricos autonivelantes a base de poliuretano o siliconas vaciadas en frío, que cumplan con los requisitos citados en el numeral 2.5.1.

Previamente al vaciado del material de sello, se deberá colocar una tirilla de respaldo, presionándola dentro de la junta con un instalador adecuado de rueda metálica, de manera que quede colocada a la profundidad requerida. La

tirilla, que deberá cumplir los requisitos citados en el numeral 2.5.2, no podrá estirarse ni torcerse durante la operación de colocación. Durante la jornada de trabajo, se deberá limitar la colocación de la tirilla de respaldo a las juntas que puedan sellarse en el día.

Se deberá enrasar el sello pasando una herramienta en ambas direcciones, para asegurar una aplicación libre de aire. La superficie del sello deberá quedar tres milímetros (3 mm) por debajo de los bordes de la junta.

El sello que no pegue a la superficie de la pared de junta, presente huecos o falle en su tiempo de curado, será rechazado y deberá ser reemplazado por el Constructor, sin costo adicional alguno para el proyecto.

#### **4.22 Apertura a la circulación**

El paso de personas y de equipos para el aserrado y para la comprobación de la regularidad superficial, se podrá autorizar cuando hubiera transcurrido el plazo necesario para que no se produzcan desperfectos superficiales, y se hubiera secado el producto químico de curado, si se emplea este método.

El tránsito de obra no podrá circular sobre el pavimento, mientras éste no haya alcanzado una resistencia a flexotracción del ochenta por ciento (80%) de la exigida a veintiocho (28) días.

La apertura al tránsito automotor no se autorizará antes de catorce (14) días de la terminación del pavimento, salvo que una medición de la resistencia del concreto mediante el método de maduración, según la norma ASTM C1074, permita un plazo de apertura menor. En todos los casos, el Interventor definirá el instante oportuno para la apertura del pavimento al tránsito automotor, incluyendo el equipo de construcción.

Al abrir el pavimento al tránsito, todas las juntas deberán estar selladas o protegidas contra daño y contra la intrusión de materiales extraños.

#### **4.23 Defectos a edades tempranas**

Si se presentan fisuras tempranas, se deberá realizar una revisión detallada de las mezclas utilizadas, de los asentamientos medidos, del manejo de las películas o del procedimiento de curado, del tiempo de ejecución de los cortes, de las temperaturas ambiente y del concreto y, en fin, de todos los elementos que puedan haber incidido en la ocurrencia del fenómeno.

Las losas no podrán presentar grietas. El Interventor podrá aceptar pequeñas fisuras de retracción plástica, de corta longitud y que de manera manifiesta no afecten más que de forma limitada a la superficie del pavimento, y podrá exigir su sellado.

Si una losa presenta una grieta única no ramificada, sensiblemente paralela a una junta, el Interventor podrá aceptar la losa, si el Constructor efectúa, a sus expensas, las operaciones indicadas a continuación:

- Si la junta más próxima a la grieta no se hubiera construido aún, se instalarán en la grieta pasadores o barras de unión, con disposición similar a los existentes en la junta. La grieta se sellará, previa regularización y cajeo de sus bordes.
- Si la junta más próxima a la grieta ya se hubiera construido, la grieta se inyectará, tan pronto como sea posible, con resina epóxica para mantener unidos sus bordes y restablecer la continuidad de la losa.

En losas con otros tipos de grietas, como las de esquina, el Interventor podrá aceptarlas u ordenar la demolición parcial de la zona afectada y su posterior reconstrucción. En el primer caso, la grieta se inyectará tan pronto como sea posible, con resina epóxica que mantenga unidos sus bordes y restablezca la continuidad de la losa. Ninguno

de los elementos de la losa, después de su reconstrucción, podrá tener una (1) de sus dimensiones de menos de treinta centímetros (0.30 m). La reposición se anclará mediante grapas al resto de la losa.

La resina epóxica deberá ser del Tipo IV Grado 1, según la especificación ASTM C881, y se deberá aplicar de acuerdo con un procedimiento previamente aprobado por el Interventor.

Si a causa de un aserrado prematuro se presentan astilladuras en las juntas, éstas deberán ser reparadas por el Constructor, a sus expensas, con un concreto o mortero de resina epóxica, dependiendo de su tamaño. Antes de la colocación del producto de reparación, la junta deberá prepararse mediante el corte de una cavidad apropiada que permita remover todo el concreto afectado y provea el espacio en tamaño y forma adecuados para la reparación y, a continuación, se deberá aplicar un imprimante en la cavidad, del tipo III Grado 1, según la especificación ASTM C881.

En todos los casos, el Constructor deberá presentar, previamente, un documento con las acciones correctivas propuestas, incluyendo materiales, dimensiones y procedimientos que pretende utilizar para la reparación del pavimento.

#### **4.24 Proceso constructivo para casos especiales**

El Constructor deberá seguir las indicaciones de los documentos técnicos del proyecto para adelantar la construcción de las losas de concreto en todos los casos especiales, tal el caso de losas irregulares, empates con estructuras fijas o con otros pavimentos de concreto, presencia de estructuras hidráulicas tales como pozos de inspección y sumideros o empalmes con pavimentos asfálticos, entre otros.

#### **4.25 Limitaciones en la ejecución**

Los trabajos de construcción del pavimento de concreto hidráulico se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel.

##### **a. Clima frío**

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, no podrá ser inferior a cinco grados Celsius (5°C) y se prohibirá la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0°C) o cuando la temperatura ambiente sea inferior a cuatro grados Celsius (4°C).

El sellado de juntas en caliente se suspenderá cuando la temperatura ambiente baje de cinco grados Celsius (5°C), salvo autorización del Interventor, o en caso de lluvia o viento fuerte.

##### **b. Clima cálido**

En zonas calurosas, se deberán extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30°C), se deberá contemplar lo siguiente:

Las formaletas y/o la superficie subyacente se deben rociar con agua inmediatamente antes de colocar el concreto. El concreto debe colocarse a la temperatura más fría posible, y en ningún caso su temperatura al colocarlo debe superar los 32°C. Los agregados y/o el agua de mezcla se enfriarán según sea necesario para mantener la temperatura del concreto en o por debajo del máximo especificado.

La colocación de concreto debe protegerse para que no exceda una tasa de evaporación de 0.98 kg/m<sup>2</sup> por hora. Cuando las condiciones sean tales que puedan esperarse problemas con el agrietamiento plástico, y particularmente si comienza a ocurrir cualquier agrietamiento plástico, el Constructor deberá tomar inmediatamente las medidas adicionales necesarias para proteger la superficie del concreto. Si las medidas del Constructor no son efectivas para prevenir el agrietamiento plástico, las operaciones de pavimentación se detendrán inmediatamente.

### c. Programa de gestión de temperaturas

Antes del inicio de la operación de pavimentación para cada día de pavimentación, el Constructor deberá proporcionar al Interventor un “Programa de Gestión de Temperaturas” para el concreto que se colocará con el fin de asegurar que se evite el agrietamiento incontrolado. El programa HIPERPAV 3<sup>2</sup> de la Administración Federal de Carreteras de los EE. UU. es un ejemplo de un programa de control de temperatura. Como mínimo, el programa abordará los siguientes elementos:

- (1) Deformaciones de tracción anticipadas en el concreto fresco relacionadas con el calentamiento y enfriamiento del material del concreto.
- (2) Condiciones meteorológicas previstas, como temperatura ambiente, velocidad del viento y humedad relativa; y tasa de evaporación anticipada empleando la Figura 19-9 de documento “Diseño y Control de Mezclas de Concreto” de la Portland Cement Association de los EE. UU.
- (3) Momento anticipado para el corte inicial de las juntas.
- (4) Número previsto y tipo de sierras que se emplearán.

### d. Lluvia

El Constructor deberá disponer de materiales para la protección del concreto durante las inclemencias del tiempo. Dichos materiales protectores deben consistir en láminas de polietileno enrolladas, de al menos una décima de milímetro (0.1 mm) de espesor, y de longitud y ancho suficientes para cubrir la losa de concreto fresco y cualquier borde. Las láminas se pueden montar en la pavimentadora o en un puente móvil separado desde el que se pueden desenrollar sin arrastrar sobre la superficie del concreto fresco. Cuando la lluvia parezca inminente, todas las operaciones de pavimentación deben detenerse y todo el personal disponible debe comenzar a cubrir la superficie del concreto no endurecido con la cubierta protectora.

## 4.26 Manejo ambiental

Todas las labores requeridas para la construcción del pavimento de concreto hidráulico se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Sea que los agregados los explote el Constructor o se le suministren a éste por terceros, el Interventor verificará que se encuentran vigentes todas las licencias para su explotación.

Asimismo, se controlará que todos los procesos de preparación de agregados, elaboración, transporte y colocación de la mezcla y el acabado del pavimento se realicen con un cabal cumplimiento de las normas ambientales vigentes.

---

<sup>2</sup> Disponible en: <http://www.hiperpav.com/>

Al término de los trabajos de construcción del pavimento de concreto hidráulico, el Constructor deberá limpiar la superficie y retirar todo material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo apropiadamente en un lugar autorizado por las autoridades ambientales que tengan la jurisdicción respectiva.

Siempre que se deban demoler y reponer losas, según lo establece el numeral 5.2.8, los productos de la demolición quedarán de propiedad del Constructor, quien deberá disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole a la Entidad Contratante.

#### **4.27 Conservación**

El pavimento de concreto hidráulico deberá mantenerse en perfectas condiciones por el Constructor, hasta el recibo definitivo de los trabajos, sin que ello implique costo adicional alguno para el proyecto.

#### **4.28 Control de calidad del Constructor**

El Constructor deberá desarrollar un Programa de Control de Calidad del Constructor (PCCC) de acuerdo con el Ítem C-100 de estas especificaciones. No se harán pagos parciales de materiales mientras no está aprobado el Plan de Control de Calidad.

##### **4.28.1 Instalaciones para el control de calidad del Constructor**

El Constructor proveerá o contratará instalaciones para ensayos de acuerdo con el Ítem C-100 de estas especificaciones.

El Interventor tendrá acceso pleno y sin restricciones para inspeccionar dichas instalaciones y presenciar las actividades del control de calidad. El Interventor informará por escrito al Constructor sobre cualquier deficiencia relacionada con las instalaciones, los equipos, suministros, o personal y procedimientos de ensayo del control de calidad. Cuando las deficiencias sean suficientemente graves para afectar de forma negativa los resultados de los ensayos, se suspenderá la incorporación de los materiales en la obra de forma inmediata y no se permitirá el reinicio de actividades hasta que las deficiencias sean corregidas de forma satisfactoria para el Interventor.

##### **4.28.2 Control de calidad del Constructor**

El Constructor deberá realizar todos los ensayos de Control de Calidad necesarios para controlar los procesos de producción y construcción aplicables a esta especificación y según lo establecido en el PCCC. El programa de ensayos deberá incluir, pero no necesariamente limitarse a, ensayos de granulometría de los agregados, humedad de los agregados, asentamiento y contenido de aire. El plan de ensayos del PCCC deberá someterse a la aprobación del Interventor.

El Interventor puede, en cualquier momento, y sin perjuicio de la aceptación previa en la planta, rechazar y requerir que el Constructor deseche cualquier lote de mezcla de concreto que no sea apto para su uso debido a contaminación, segregación o asentamiento inadecuado. Dicho rechazo puede basarse únicamente en una inspección visual.

##### **a. Agregados**

Los agregados fino y grueso serán objeto de ensayos de Control de Calidad a cargo del Constructor con las frecuencias y métodos de ensayo definidos en la Tabla 12.

##### **b. Asentamiento y contenido de aire de la mezcla**

El asentamiento y el contenido de aire del concreto serán objeto de ensayos de Control de Calidad del Constructor con las frecuencias y métodos definidos en el numeral 5.2.7.

### **c. Control de Calidad del Constructor de la regularidad del pavimento**

El Constructor realizará evaluaciones diarias de rugosidad en las direcciones longitudinal y transversal para verificar que los procesos de construcción producen un pavimento sin zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de un cuarto de pulgada ( $\frac{1}{4}$  pulgada – 6.35 mm) cuando se compruebe con una regla de doce pies (12 pies – 365.76 cm) de acuerdo con el método ASTM E1703. Si no se satisfacen los criterios de rugosidad, el Constructor hará los cambios apropiados y las correcciones a los procesos constructivos antes de continuar con el avance del proyecto.

El Constructor podrá emplear la regla de 12 pies, un inclinómetro rodante que cumpla con los requisitos del método ASTM E2133 o un dispositivo de referencia externo rodante que pueda simular una regla de 12 pies y sea aprobado por el Interventor. El ensayo con la regla de 12 pies comenzará con la mitad de su longitud en el borde de la sección del pavimento que se está ensayando y luego avanzará la mitad de la longitud de la regla para cada medición sucesiva. La prueba debe ser continua a través de las juntas. La irregularidad de la superficie se determinará colocando la regla vertical (sin nivelar) en la superficie del pavimento, permitiendo que descansa sobre los dos puntos más altos cubiertos por su longitud y midiendo el desnivel máximo entre la regla y la superficie del pavimento en el área entre los dos puntos altos. Si se emplea el inclinómetro rodante o el dispositivo de referencia externo, los datos se pueden evaluar empleando los programas de análisis de perfiles de la Administración Federal de Aviación de los EE. UU., ProFAA<sup>3</sup>, o de la Administración Federal de Carreteras de los EE. UU., ProVal<sup>4</sup>, mediante la función de simulación de regla de 12 pies.

No se realizarán lecturas de regularidad a través de cambios de pendiente o transiciones de pendiente transversal. La transición entre el pavimento nuevo y el existente se evaluará por separado de conformidad con los planos.

#### (1) Medidas transversales:

Se tomarán medidas transversales sobre la producción realizada en cada día. Las medidas transversales se tomarán perpendicularmente a la línea central del pavimento cada quince metros (15 metros) o menos según lo determine el Interventor. La unión entre carriles se evaluará por separado.

#### (2) Medidas longitudinales:

Se tomarán medidas longitudinales sobre la producción realizada en cada día. Las pruebas longitudinales deben ser paralelas a la línea central del pavimento. Se tomarán en el centro de los carriles de pavimentación cuyo ancho sea inferior a seis metros (6 m), y en los tercios de los carriles de pavimentación cuyo ancho sea mayor o igual que seis metros (6 m).

Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán demolerse y reconstruirse por el Constructor, sin costo adicional para el proyecto, y a plena satisfacción del Interventor. El material de demolición será de propiedad del Constructor.

### **d. Niveles**

---

<sup>3</sup> Disponible en: <https://www.airporttech.tc.faa.gov/Products/Airport-Safety-Papers-Publications/Airport-Safety-Detail/ArtMID/3682/ArticleID/8/ProFAA>

<sup>4</sup> Disponible en: <https://www.roadprofile.com/>

Los niveles se evaluarán antes y después de la colocación de la superficie de concreto.

Las medidas se tomarán sobre perfiles apropiados, como mínimo en el centro y los bordes del carril de pavimentación, y el espaciado longitudinal como se muestra en las secciones transversales y los planos. La superficie final del pavimento no variará de las cotas del perfil y las secciones transversales que se muestran en los planos en más de cinco milímetros (12 mm) verticalmente. El Constructor proporcionará la documentación al Interventor al final del siguiente día hábil.

Las áreas con abultamientos o depresiones que excedan los niveles o la regularidad, y que retengan agua en la superficie deben rectificarse mediante el retro y reemplazo de las losas correspondientes. Todas las correcciones correrán a cargo del Constructor.

#### **4.28.3 Gráficos de control**

El Constructor deberá mantener gráficos de control lineal de la granulometría de los agregados finos y gruesos, el asentamiento y el contenido de aire. El Constructor también mantendrá un gráfico de control de los factores de aspereza y trabajabilidad de las gradaciones combinadas de acuerdo con el numeral 2.1.6.

Los gráficos de control serán publicados en un lugar aprobado por el Interventor y se mantendrán actualizados. Como mínimo, los gráficos de control deberán identificar el número del proyecto, el número del ítem del Contrato, el número del ensayo, el parámetro de cada ensayo, los Límites de Acción y Suspensión aplicables a cada parámetro, y los resultados de los ensayos realizados por el Constructor. El Constructor deberá utilizar los gráficos de control como parte de un sistema de control de procesos para identificar posibles problemas y sus causas imputables antes de que estos ocurran. Si los datos proyectados por el Constructor durante la producción indican un problema y el Constructor no toma medidas correctivas satisfactorias, el Interventor podrá suspender la producción o la aceptación del material.

La toma de muestras y los ensayos para la elaboración de los Gráficos de Control estará a cargo del Constructor como parte del desarrollo del PCCC aprobado y son independientes de los controles de calidad que realizará el Interventor de acuerdo con lo dispuesto en el numeral 5 de esta especificación.

##### **a. Granulometría de los agregados fino y grueso**

El Constructor registrará el promedio móvil de los últimos cinco ensayos de granulometría para cada tamiz de control en gráficos de control lineal. Superpuestos en los gráficos de control estarán los *Límites de Acción y Suspensión*. El Constructor tomará al menos dos muestras por lote para verificar la gradación final. El muestreo debe ser según el método INV E-201-13 de la corriente de agregado o de la cinta transportadora.

##### **b. Asentamiento y contenido de aire**

El Constructor desarrollará gráficos de control lineal tanto para las mediciones individuales como para el rango (es decir, la diferencia entre las mediciones más altas y bajas) para el asentamiento y el contenido de aire de acuerdo con los Límites de Acción y Suspensión indicados.

##### **c. Granulometría combinada**

El Constructor desarrollará un gráfico de control de los factores de aspereza y trabajabilidad en un gráfico de acuerdo con el numeral 2.1.6 (4).

**Tabla 11. Límites de los Gráficos de Control para Mediciones Individuales <sup>(1)</sup>**

<b>Parámetro de Control</b>	<b>Límite de Acción</b>	<b>Límite de Suspensión</b>
Granulometría <sup>(2)</sup>	* <sup>(3)</sup>	* <sup>(3)</sup>
Factor de aspereza (FA)	$\pm 3.5$	$\pm 5$
Factor de trabajabilidad (FT)	$\pm 2$	$\pm 3$
Asentamiento	+13 mm a -25 mm	+25 mm a -38 mm
Contenido de aire	$\pm 1.5\%$	$\pm 2.0\%$

- (1) Se realizarán y actualizarán gráficos de control para cada uno de los parámetros de control indicados.
- (2) Se realizarán y actualizarán gráficos de control para cada uno de los tamaños de tamiz.
- (3) Los Límites de Acción y Suspensión serán definidos por el Constructor.

#### **4.28.4 Acción correctiva en el Límite de Suspensión**

El Programa de Control de Calidad del Constructor (PCCC) indicará que se tomarán las medidas apropiadas cuando se considere que el proceso está por fuera de la tolerancia establecida. El Plan contendrá reglas para evaluar cuándo un proceso está fuera de control y detallará qué medidas se tomarán para poner el proceso bajo control. Como mínimo, un proceso se considerará fuera de control y la producción se detendrá y se tomarán medidas correctivas si existe una de las siguientes condiciones:

##### **a. Granulometría de los agregados finos y gruesos**

Cuando dos promedios consecutivos de cinco pruebas estén fuera de los Límites de Suspensión, se tomarán medidas inmediatas, incluida la interrupción de la producción, para corregir la granulometría.

##### **b. Factores de aspereza y trabajabilidad**

Cuando el factor de aspereza o el factor de trabajabilidad alcancen los Límites de Suspensión aplicables, el Constructor deberá tomar medidas inmediatas, incluida la interrupción de la producción para corregirlos.

##### **c. Humedad de los agregados fino y grueso**

Siempre que la humedad de los agregados fino o grueso cambie en más de 0.5%, se ajustarán las configuraciones del dosificador de agregado y el dosificador de agua.

##### **d. Asentamiento**

El Constructor detendrá la producción y realizará los ajustes necesarios siempre que:

- (1) Un punto cae fuera de la línea de Límite de Suspensión para mediciones individuales, o
- (2) Dos puntos seguidos caen fuera de la línea de Límite de Acción para mediciones individuales.

##### **e. Contenido de aire**

El Constructor detendrá la producción y ajustará la cantidad de aditivo incorporador de aire siempre que:

- (1) Un punto cae fuera de la línea de Límite de Suspensión para mediciones individuales, o
- (2) Dos puntos seguidos caen fuera de la línea de Límite de Acción para mediciones individuales.

#### 4.28.5 Reportes del Control de Calidad

El Constructor mantendrá registros y presentará informes diarios de las actividades de Control de Calidad de acuerdo con el Ítem C-100.

## 5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

### 5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Verificar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado en cuanto a la elaboración y el manejo de los agregados, así como en cuanto a la manufactura, transporte, colocación, compactación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas de concreto que constituyen el pavimento.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Establecer una correlación entre la resistencia a flexotracción y la resistencia a tracción indirecta para el concreto con el cual se construye el pavimento.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de la mezcla de concreto, durante el período de ejecución de las obras.
- Verificar permanentemente el asentamiento, sí como el contenido de aire de la mezcla, si este último se encuentra especificado.
- Tomar cotidianamente muestras de la mezcla que se elabore, para determinar su resistencia.
- Tomar núcleos para determinar el espesor del pavimento, su densidad y su resistencia a la tracción indirecta, cuando corresponda.
- Realizar medidas para levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la regularidad de la superficie del pavimento terminado.

Los orificios que dejen los núcleos para determinar el espesor del pavimento y otros controles a que haya lugar, serán rellenados por el Constructor, sin costo alguno para el proyecto, con una mezcla de iguales características que la empleada en la construcción del pavimento, la cual deberá ser correctamente compactada, enrasada y curada.

### 5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancia

Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados estarán a cargo del Interventor.

El laboratorio empleado para el control de calidad deberá contar con personal capacitado y equipos debidamente calibrados. Los certificados de vigencia de los equipos empleados en el control de calidad no deberán tener una vigencia superior a un año.

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se deberá redondear “a la unidad más cercana” en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación, en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823-13.

Las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

### 5.2.1 Calidad del cemento

De cada partida de cemento que llegue a la central de fabricación, sea que esta última sea de propiedad del Constructor o de un proveedor, se realizarán los ensayos descritos en el Artículo 501 “*Suministro de Cemento Hidráulico*” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, y sus resultados deberán remitirse al Interventor. Si ellos no son satisfactorios, se rechazarán el cemento y el concreto que se haya elaborado con él.

Además, cada vez que lo considere necesario, el Interventor efectuará u ordenará la ejecución de los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

### 5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna incertidumbre sobre su calidad, ordenará o ejecutará los ensayos relacionados en la Tabla 1 y en la Tabla 2. Solo aceptará el agua si se cumplen los límites establecidos en ellas.

### 5.2.3 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción concreto y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y se ejecutarán los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en los numerales 2.1.4 y 2.1.5. También, se deberá evaluar su reactividad, según las indicaciones del numeral 2.1.7.

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias de los numerales anteriormente citados. Los agregados que no las cumplan, no podrán utilizarse en la elaboración de la mezcla de concreto.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación; partículas alargadas o aplanadas o plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, sea que el Constructor elabore la mezcla o tenga un proveedor que se la suministra, se verificará la calidad de los agregados, mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 12, con la frecuencia indicada en ella.

**Tabla 12. Ensayos de Verificación sobre los Agregados para Pavimentos de Concreto Hidráulico**

Característica	Método	Frecuencia
Granulometría	INV E-213-13 INV E-214-13	Una (1) vez por jornada
Humedad de los agregados	INV E-216-13	Una (1) vez por jornada
Módulo de finura	INV E-213-13 INV E-214-13	Una (1) vez por jornada
Resistencia a la degradación	INV E-218-13	Una (1) vez por mes

Característica	Método	Frecuencia
Sanidad de los agregados mediante el empleo de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	INV E-220-13	Una (1) vez por mes
Impurezas en el agregado grueso	INV E-237-13	Una (1) vez por semana
Índice de plasticidad	INV E-125-13 INV E-126-13	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	INV E-133-13	Una (1) vez por jornada
Determinación de terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados	INV E-211-13	Una (1) vez por semana
Partículas livianas	INV E-221-13	Una (1) vez por semana
Material que pasa el tamiz No. 200 (75 µm)	INV E-214-13	Una (1) vez por semana
Porcentaje de partículas fracturadas	INV E-227-13	Una (1) vez por jornada
Partículas aplanadas, partículas alargadas, o partículas aplanadas y alargadas	INV E-240-13	Una (1) vez por semana

Los resultados de los ensayos deberán satisfacer todos los requisitos establecidos en esta especificación; en caso contrario, la mezcla elaborada con los agregados defectuosos será rechazada y las losas vaciadas con el concreto cuestionado deberán ser demolidas y construidas nuevamente, a expensas del Constructor.

La curva granulométrica de cada ensayo individual se deberá ajustar a la franja de tolerancia. La franja de tolerancia se construirá a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 13.

En caso de que los valores obtenidos excedan la franja de tolerancia definida para la fórmula de trabajo, pero no se salgan de las franjas normativas, el proveedor o el Constructor deberán preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas esta especificación. En el caso que no cumpla todos los requerimientos, el Constructor demolerá, a sus expensas, las losas cuestionadas y las repondrá, sin costo alguno para el proyecto.

**Tabla 13. Tolerancias Granulométricas Respecto de la Fórmula de Trabajo**

Tamaño de tamiz	Tolerancia en porcentaje sobre la masa seca de los agregados
¾ pulgada (9.5 mm)	± 4%
No. 4 (4.75 mm)	
No. 8 (2.36 mm)	± 3%
No. 16 (1.18 mm)	
No. 30 (600 µm)	
No. 50 (300 µm)	
No. 100 (150 µm)	± 1%
No. 200 (75 µm)	

#### 5.2.4 Calidad del acero

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas originales de los fabricantes o de los proveedores del acero empleado en pasadores, barras de amarre y refuerzos requeridos para la construcción del pavimento, donde se demuestre que el acero utilizado satisface a cabalidad las exigencias de esta especificación. Ninguna certificación podrá tener una antigüedad superior a treinta (30) días.

Asimismo, cada vez que lo considere conveniente, el Interventor ordenará o efectuará las pruebas necesarias para verificar que la calidad del acero empleado responde a las exigencias de esta especificación.

### 5.2.5 Calidad de los productos químicos para curado y de las membranas de separación

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

### 5.2.6 Calidad del producto para el sellado de juntas

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o proveedores de los productos por emplear en el sellado de las juntas, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

El Constructor deberá garantizar el sello contra defectos de los materiales y de instalación, por un período mínimo de cinco (5) años.

### 5.2.7 Calidad de la mezcla

De cada elemento de transporte a la obra se controlará el aspecto del concreto y su temperatura. Cualquier concreto segregado, cuya envuelta no sea homogénea, será rechazado por el Interventor sin tener que recurrir a prueba alguna de laboratorio o de campo para tomar tal determinación.

#### 5.2.7.1 Consistencia

Se controlará la consistencia de cada carga transportada, para lo cual extraerá una muestra en el momento de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento (INV E-404-13). El resultado obtenido se deberá ajustar al establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 14.

Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por fuera del rango aceptado en el numeral 4.2, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y tolerancias especificados, se aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará.

#### 5.2.7.2 Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se deberá controlar en cada uno de los tres (3) primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y en los tres (3) primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de dicha jornada, según la norma de ensayo INV E-406-13. Los resultados se deberán ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 14. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de la tolerancia especificada, se aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se suspenderán la producción de la mezcla y la construcción del pavimento, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

**Tabla 14. Tolerancias en el Asentamiento y en el Contenido de Aire Respecto de los Definidos en la Fórmula de Trabajo**

Característica	Construcción	Tolerancia
Asentamiento	Formaletas fijas	25 mm a 50 mm
	Formaletas deslizantes	13 mm a 38 mm
Contenido de aire, cuando esté especificado	Formaletas fijas	+ 1.8%

Característica	Construcción	Tolerancia
	Formaletas deslizantes	+ 1.8%

### 5.2.7.3 Resistencia

La resistencia de la mezcla se evaluará en términos de su resistencia a la flexión con el método INV E-414-13. La resistencia a la flexión se evaluará y aceptará por lotes usando un análisis de nivel de calidad (NQ); este análisis NQ calcula el grado de cumplimiento de la resistencia especificada en términos del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL) por un método estadístico que tiene en cuenta el promedio de los resultados de los ensayos del lote y su dispersión (desviación estándar) debida a la variabilidad tanto del material como de los procedimientos de muestreo y ensayo.

El análisis NQ se hará como se indica en el numeral 5.2.7.3.1; los resultados de este análisis se calificarán, para efectos de aceptación, aceptación con sanción (o reducción de precio) o rechazo según se indica en el numeral 5.2.7.3.2.

Se considerará como "lote", que se aceptará o rechazará en bloque, la menor cantidad de pavimento construida con el mismo tipo de mezcla que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- La obra ejecutada en una jornada de trabajo que no exceda mil quinientos metros cúbicos (1,500 m<sup>3</sup>).
- Trescientos cincuenta metros cúbicos (350 m<sup>3</sup>) de concreto colocado.

No obstante lo anterior, en lo relativo a integridad del pavimento, numeral 5.2.8.1, la unidad de valoración para aceptación o rechazo será la unidad de losa, y en lo relativo a regularidad superficial se aplicará lo descrito en el numeral 5.2.8.8.

De cada lote definido para inspección se moldearán aleatoriamente y de amasadas diferentes, un mínimo de tres (3) muestras, constituida cada muestra por cuatro (4) especímenes prismáticos o cilíndricos de una misma amasada y cuyas dimensiones, preparación y curado deberán estar de acuerdo con el método INV E-402-13.

En la identificación de cada espécimen deberá constar la fecha de elaboración, la clase de concreto, la identificación de la(s) losa(s) donde éste fue vaciado y cualquier otra información que se considere necesaria.

Las muestras se transportarán en los moldes. El curado, excepto por el período de curado inicial, se hará empleando el método de inmersión en agua saturada con cal. Durante las veinticuatro (24) horas posteriores al moldeo, la temperatura inmediatamente adyacente a las muestras debe mantenerse en el rango de 16°C a 27°C, y debe evitarse la pérdida de humedad de las muestras. Las muestras pueden almacenarse en cajas de madera de construcción hermética, pozos de arena húmedos, edificios temporales en sitios de construcción, debajo de arpillera húmeda en un clima favorable, en bolsas de plástico cerradas, o empleando otros métodos adecuados, siempre que se cumplan los requisitos de control de temperatura y pérdida de humedad.

Para proyectos con baja producción diaria de concreto para un tipo dado de mezcla (menos de 100 m<sup>3</sup> por día), se podrá combinar la producción del día con la producción del siguiente o siguientes días del mismo tipo de mezcla, hasta completar 100 m<sup>3</sup> de concreto colocado y tratar esa producción como un lote.

Por cada muestra se elaborarán las siguientes probetas:

- Cuatro (4) vigas prismáticas para ensayos de resistencia a flexión (INVE-414-13), de las cuales se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, luego de someterse al curado normalizado.

- Cuatro (4) cilindros, para ensayos de tracción indirecta (INV E-411-13), de los cuales se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, luego de someterse al curado normalizado.

El promedio de la resistencia de las dos (2) probetas de la misma mezcla y de la misma edad se considerará como el resultado de un ensayo. Los valores de resistencia a siete (7) días se emplearán únicamente para controlar la regularidad de la calidad de la producción del concreto para dar el tramo al tránsito, mientras que los obtenidos a veintiocho (28) días se emplearán en la comprobación de la resistencia del concreto para su aceptación.

Para algunos proyectos o para algunas partes de un proyecto, se puede requerir que la resistencia especificada para el concreto se obtenga a una edad más temprana, la cual deberá estar definida en los documentos del proyecto o acordada en obra con el Interventor; en estos casos, se variarán las edades de los ensayos de manera consecutiva y los criterios de aceptación se aplicarán a la nueva edad establecida.

Todos los ensayos de resistencia se reportarán con la precisión indicada en las normas de ensayo respectivas, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823-13.

#### 5.2.7.3.1 Cálculo del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL)

El cálculo del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL) se hará según el numeral 107.3.2 del Artículo 107, “Control y Aceptación de los Trabajos”, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras de Instituto Nacional de Vías de Colombia, con base en el promedio de los resultados de resistencia de cada lote, su desviación estándar y su índice de calidad inferior IQI. Las variables de cálculo serán las siguientes:

- Como resultados individuales ( $V_i$ ) se usarán las resistencias individuales del concreto a flexión ( $f_{f,i}$ ) a la edad de 28 días.
- Como valor medio de la muestra ( $V_m$ ) se usará la resistencia promedio del concreto a flexión, a una edad de veintiocho (28) días, de la muestra que representa al lote bajo evaluación ( $f_{f,m}$ ).
- Como valor mínimo o límite inferior de la especificación ( $V_{mín}$ ) se usará el valor mínimo de resistencia del concreto a flexión ( $f_{f,mín}$ ).
- Número de ensayos que integran la muestra que representa al lote ( $n$ ).
- El porcentaje estimado de valores dentro del límite superior de la especificación ( $PDLS$ ) será 100, puesto que no se define un límite superior para el parámetro evaluado ( $V_{máx}$ ), es decir, para la resistencia del concreto a flexión.

Los documentos del proyecto deberán definir el valor mínimo de resistencia del concreto a flexión ( $f_{f,mín}$ ), valor que puede nombrarse también como “resistencia característica a la flexión”. Si los documentos técnicos del proyecto no lo definen expresamente, se calculará el valor mínimo  $f_{f,mín}$  como el valor de resistencia a la flexión señalado en los documentos menos 0.2 MPa (2 kg/cm<sup>2</sup>).

#### 5.2.7.3.2 Criterio de aceptación de la resistencia a la flexión del concreto

Para la aceptación o rechazo del lote de pavimento de concreto, se definen tres niveles de calidad en función del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL):

- Nivel de aceptación a satisfacción: si el valor de PDL del lote es igual o superior a 90 %, el lote de pavimento se acepta y se paga al precio unitario del Contrato.
- Nivel de aceptación con sanción: si el valor de PDL del lote está entre 50 % y 89 %, el lote de pavimento se podrá aceptar con sanción, consistente en la aplicación de una reducción al precio unitario del Contrato

para el pago del lote por medio de un factor de ajuste de precio. El factor de ajuste de precio por resistencia FAR (menor que la unidad), que se aplicará al precio unitario del contrato para el pago del lote, se definirá para cada lote mediante la Tabla 15.

- Nivel de rechazo: si el valor de PDL del lote es inferior 50 %, el Constructor deberá demoler el lote de pavimento objeto de la controversia y reemplazarlo a sus expensas, con otro de calidad satisfactoria; el producto de la demolición será de su propiedad.

Eventualmente la Entidad Contratante puede, por conveniencia para el proyecto, permitir que no se demuela un lote de pavimento rechazado ( $PDL < 50 \%$ ); en este caso, el pavimento rechazado podrá permanecer en el sitio, pero será pagado al cincuenta por ciento (50 %) del precio del contrato ( $FAR = 0.500$ ).

**Tabla 15. Factor de Ajuste del Precio Unitario por Resistencia (FAR)**

PDL, %	FAR Factor de ajuste de precio unitario	PDL, %	FAR Factor de ajuste de precio unitario	PDL, %	FAR Factor de ajuste de precio unitario
90 a 100	1.000	73	0.915	56	0.795
89	0.995	72	0.910	55	0.788
88	0.990	71	0.905	54	0.780
87	0.985	70	0.900	53	0.773
86	0.980	69	0.893	52	0.765
85	0.975	68	0.885	51	0.758
84	0.970	67	0.878	50	0.750
83	0.965	66	0.870	Rechazo	
82	0.960	65	0.863		
81	0.955	64	0.855		
80	0.950	63	0.848		
79	0.945	62	0.840		
78	0.940	61	0.833		
77	0.935	60	0.825		
76	0.930	59	0.818		
75	0.925	58	0.810		
74	0.920	57	0.803		

### 5.2.7.3.3 Resistencia a la tracción indirecta

En principio, los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción indirecta, realizados sobre probetas elaboradas en moldes cilíndricos o sobre núcleos, no se utilizarán como criterio de aceptación o rechazo del concreto colocado. Podrán servir como elemento de juicio en aquellos casos en que, dentro de un mismo lote, se registren valores individuales de resistencia a la flexión excesivamente bajos con respecto a los demás valores del lote, o que el Interventor tenga dudas sobre los ensayos de flexión correspondientes.

Sin embargo, si para el mismo diseño de mezcla de concreto con el que se construye el pavimento, se ha establecido o se logra establecer en la obra una correlación con un coeficiente de correlación ( $r^2$ ) mayor de nueve décimas (0.9) entre los resultados de módulo de rotura y de tracción indirecta, preferiblemente de núcleos, en un muestreo por lo menos de 30 especímenes, el Interventor podrá aceptar el control de la resistencia por medio de probetas cilíndricas sometidas a la prueba de tracción indirecta, en lugar de ensayar vigas prismáticas a flexión.

La correlación por aplicar, que deberá ser aprobada por el Interventor, no corresponderá a la línea promedio de correlación, sino a la línea ajustada de correlación que represente un nivel de confianza mínimo del 85 % en la estimación de la resistencia a la flexión con base en un valor dado de tracción indirecta.

En dicho caso, no será necesario elaborar las cuatro (4) vigas de cada muestra mencionadas en el numeral 5.2.7.3; sin embargo será necesario seguir tomando vigas con alguna frecuencia para verificar que la correlación se sigue cumpliendo; el Interventor decidirá, con base en los resultados que se van obteniendo, la frecuencia de toma de vigas.

En este caso, los resultados de tracción indirecta se someterán al mismo análisis estadístico de nivel de calidad (NQ) establecido para los resultados de los ensayos a flexión, numeral 5.2.7.3.1, y se aplicarán los mismos criterios de aceptación, numeral 5.2.7.3.2.

Se utilizará como valor mínimo de resistencia del concreto a tracción indirecta  $f_{t,min}$  (límite inferior de la especificación), el valor de tracción indirecta que corresponda al valor mínimo de resistencia del concreto a flexión  $f_{f,min}$  que se haya establecido en los documentos del proyecto, o se haya definido según las indicaciones del numeral 5.2.7.3.1; la correspondencia con la correlación aprobada para el proyecto, será la que represente un nivel de confianza mínimo del 85 % en la estimación de la resistencia a la flexión con base en un valor dado de tracción indirecta.

## **5.2.8 Calidad del producto terminado**

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en los planos del proyecto o modificadas con autorización del Interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no podrá ser menor que la indicada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto del pavimento curado no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. De igual manera, no deberán existir depresiones mayores a tres milímetros (3 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793-13; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las losas que presenten anomalías por encima de estos límites deberán ser demolidas y sus escombros deberán transportarse a los sitios aprobados para su recepción, todo a expensas del Constructor, quien, además, deberá reemplazarlas con losas que cumplan con todas las exigencias de la presente especificación, sin que ello implique costo alguno para el proyecto. El producto de la demolición será de su propiedad.

Además, se deberán efectuar las siguientes verificaciones:

### *5.2.8.1 Integridad*

Siempre que se presenten losas agrietadas o astilladas, se procederá como se indica en el numeral 4.23.

Si el Interventor acepta losas agrietadas sin demoler se dejará constancia de ello en el acta de recibo definitivo de las obras y la Entidad Contratante podrá exigir, durante el período de garantía de la estabilidad de la obra, la demolición total y la posterior reconstrucción de las losas agrietadas, si las grietas se han agravado o ramificado, o si han sido el origen de daños en las losas vecinas. Estas últimas también deberán ser demolidas y reconstruidas con cargo a la garantía.

### 5.2.8.2 Espesor de las losas

Durante la construcción del pavimento se deberán nivelar el eje y los bordes del pavimento cada veinte metros (20 m) a lo largo del eje, tanto sobre la superficie de soporte del pavimento, como en la superficie del pavimento de concreto hidráulico, después de su ejecución y curado; estas verificaciones de nivel se deberán realizar exactamente en los mismos puntos. Asimismo, una vez retiradas las formaletas, se realizarán las verificaciones de espesores en los costados de las losas. Estas mediciones de niveles se usarán como guía para delimitar zonas cuyo espesor, evaluado como se indica en los párrafos siguientes de este numeral, resulte deficiente, o para determinar la toma de núcleos adicionales donde los resultados de la nivelación muestren que existen posibles deficiencias de espesor.

La verificación de espesor para aceptación o rechazo se realizará por lotes; se usarán los mismos lotes establecidos para la verificación de la resistencia, numeral 5.2.7.3. Cada lote se subdividirá en, al menos, tres sublotes de máximo trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m<sup>2</sup>) cada uno, debiendo extraerse de cada sublote dos (2) testigos cilíndricos o núcleos mediante equipos provistos de brocas rotativas (INV E-418-13). Los testigos se extraerán luego de transcurridos quince (15) días desde la colocación del concreto; los espesores de los núcleos se medirán según el método INV E-419-13.

Los agujeros dejados por los núcleos en el pavimento se deberán rellenar a más tardar al día siguiente del corte, con un concreto apropiado de la misma calidad del concreto del pavimento o superior, que no se contraiga; antes de su colocación, se deberá aplicar una resina en las paredes del agujero, del tipo V, según la especificación ASTM C811.

Si el espesor promedio de los dos (2) testigos correspondientes a un sublote resulta inferior al espesor teórico de diseño ( $e_d$ ) en más de diez milímetros (10 mm) el Constructor deberá demoler todo el sublote, retirar y disponer apropiadamente los escombros en un lugar aprobado y reconstruir el pavimento, todo ello a sus expensas, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación. Igual procedimiento se seguirá cuando el espesor de un (1) testigo resulte inferior en más de quince milímetros (15 mm) con respecto al teórico del diseño. El material producto de la demolición será de propiedad del Constructor.

Se considerará como espesor promedio del lote ( $e_m$ ), al promedio de las alturas de los testigos extraídos de él, redondeado al milímetro (mm). Cuando corresponda la demolición de un sublote por los motivos expuestos en el párrafo anterior, las alturas de los testigos tomados en el tramo objeto de demolición no se considerarán en el cálculo del espesor promedio del lote.

Si el espesor promedio del lote es inferior al teórico de diseño en más de dos milímetros (2 mm) y hasta siete milímetros (7 mm), el pavimento, en cuanto hace a su espesor, se aceptará con descuento por deficiencia de espesor. El descuento se aplicará al lote cual se extrajeron los testigos, previa deducción de los sectores donde haya correspondido la demolición y la reconstrucción. El descuento ( $D$ ), en tanto por uno, por aplicar en el pago por metro cúbico de pavimento en el lote así afectado ( $Z$ ), se calculará con la expresión:

$$D = \left[ 1 - \frac{(e_m + 2)^2}{e_d^2} \right] \quad [501.1]$$

Donde:

$e_d$ : Espesor de diseño en milímetros.

$e_m$ : Espesor promedio del lote en milímetros.

El factor de ajuste de precio por espesor  $FAE$  (menor o igual que la unidad), que se aplicará al precio unitario del Contrato para el pago de los lotes correspondientes al lote analizado, será el resultado de restar el descuento  $D$  de la unidad.

$$FAE = 1 - D \quad [501.2]$$

Cuando el espesor promedio del lote ( $e_m$ ) sea inferior al teórico de diseño ( $e_d$ ) en más de siete milímetros (7 mm), el Constructor deberá demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir el pavimento, a sus expensas, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación. El pavimento reconstruido se someterá a las mismas valoraciones de calidad especificadas en esta especificación para cualquier tramo de pavimento, para efectos de su aprobación o rechazo.

Si un lote califica para demolerse, de acuerdo con el párrafo anterior, pero los resultados de alturas de núcleos y mediciones topográficas sugieren que la deficiencia no es generalizada en el lote, sino que está concentrada en algún sublote, la zona restante podrá analizarse nuevamente, tratándola como un lote; en este caso, podrá ser necesario tomar núcleos adicionales para cumplir con el mínimo de tres sublotes dentro de esta zona.

Todos los núcleos extraídos para la medida del espesor se someterán, sucesivamente, a ensayos de densidad, módulo de elasticidad y tracción indirecta. La resistencia se medirá a los 28 días luego de someterse a curado húmedo durante las cuarenta y ocho (48) horas previas al ensayo.

Los resultados de las resistencias medidas en los núcleos se podrán usar para calificar la calidad del concreto, si se ha establecido una correlación entre ellas y la resistencia a la flexo-tracción del concreto, con las condiciones descritas en el numeral 5.2.7.3.3.

#### 5.2.8.3 Densidad del concreto

A los testigos extraídos del pavimento terminado se les determinará su densidad, según la norma de ensayo ASTM C642.

Si la densidad promedio de los núcleos de un lote es menor de noventa y siete por ciento (97%) o algún núcleo presenta densidad menor de noventa y seis por ciento (96%), con respecto a la densidad del concreto elaborado al definir la fórmula de trabajo, será indispensable que el Constructor mejore el vibrado del concreto de manera que los requisitos establecidos anteriormente se logren en las posteriores verificaciones. Si la situación persiste, el Interventor ordenará la suspensión de la construcción del pavimento de concreto hasta que el Constructor demuestre, mediante la ejecución de un nuevo tramo de prueba y su verificación a satisfacción del Interventor, que puede colocar el concreto cumpliendo con tales requisitos.

En cualquier caso, la presencia de hormigueros en los núcleos hará obligatoria la demolición de las losas afectadas y su reconstrucción con losas que cumplan todos los requisitos de esta especificación.

#### 5.2.8.4 Módulo elástico del concreto

Sobre los núcleos cilíndricos extraídos del pavimento para el control espesores, numeral 5.2.8.2, se determinará el módulo de elasticidad, mediante el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-424-13. El valor

promedio de cada lote deberá reportarse y se empleará, si corresponde, en la revisión de los diseños estructurales del pavimento.

#### *5.2.8.5 Alineación de los pasadores*

La alineación de los pasadores en las juntas transversales se podrá verificar mediante tomografía magnética, empleando un dispositivo “MIT Scan 2” o uno equivalente.

Si se advierten desviaciones superiores a las consideradas aceptables en el numeral 4.12, el Constructor dispondrá de dos opciones: (i) realizar, a sus expensas, los trabajos de realineación de las varillas desviadas, empleando un procedimiento sancionado por la experiencia y aceptado por el Interventor, o (ii) no realizar ninguna intervención.

Si acoge la segunda opción, de ello se dejará constancia en el acta de recibo definitivo de la obra y los registros respectivos se incluirán en el informe final de Interventoría. En tal evento, serán de responsabilidad exclusiva del Constructor los agrietamientos transversales que se presenten en las losas a causa de la falta de alineación, durante el período de vigencia de la garantía de estabilidad de la obra y, por lo tanto, estará obligado a reconstruir las losas afectadas y a reponer, a sus expensas, todo el sistema de transferencia de carga de ellas, a satisfacción completa de la Entidad Contratante, durante dicho período

#### *5.2.8.6 Textura*

Al día siguiente de aquel en el cual se haya realizado el vaciado del concreto y el texturizado transversal se determinará, en sitios aleatorios de acuerdo con el método INV E-730-13, que no coincidan con juntas, la profundidad de textura por el método del círculo de arena, de acuerdo con el método INV E-791-13.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno (1) de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos.

La profundidad promedio de textura del lote deberá estar comprendida entre cien y ciento catorce centésimas de milímetro (1.0 mm a 1.14 mm), sin que ningún valor individual se encuentre por debajo de cien centésimas de milímetro (1.0 mm).

Si al menos uno de estos requisitos se incumple, se rechazará el tramo representado por el lote, hasta que el Constructor haga las correcciones necesarias para alcanzar los valores prescritos, las cuales correrán de su exclusiva cuenta y costo. Si la solución que propone o implementa el Constructor da lugar a disminuciones en el espesor del pavimento, se usarán los espesores reducidos para verificar de nuevo el lote o lotes de pavimento para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 5.2.8.2.

#### *5.2.8.7 Resistencia al deslizamiento*

La medida de la resistencia al deslizamiento se hará para toda la pista o para una parte significativa de la misma, a criterio del Interventor, y por lo menos a dos velocidades diferentes.

Las medidas se realizarán empleando cualquiera de los equipos y procedimientos indicados en la Tabla 16, la cual se ha adaptado de la Tabla A-1 del “Adjunto A. Orientación Complementaria de la Parte 14.3 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia”.

**Tabla 16. Valores de Rozamiento para Nuevas Superficies de Pista**

Equipo de ensayo	Neumático de ensayo		Velocidad de ensayo (km/h)	Profundidad del agua en ensayo con agua (mm)	Objetivo de diseño para nuevas superficies de pistas
	Tipo	Presión (kPa)			
Remolque medidor del valor de Mu con neumáticos según ASTM E670 Ap. A2 ( <i>Mu-meter</i> )	A	70	65	1.0	0.72
	A	70	95	1.0	0.66
Deslizador con neumático según ASTM E1551 ( <i>Skidometer</i> )	B	210	65	1.0	0.82
	B	210	95	1.0	0.74
Vehículo medidor del rozamiento en la superficie con neumático según ASTM E1551 ( <i>Airport Surface Friction Tester</i> )	B	210	65	1.0	0.82
	B	210	95	1.0	0.74
Vehículo medidor del rozamiento en la pista con neumático según ASTM E1551 ( <i>Runaway Friction Tester</i> )	B	210	65	1.0	0.82
	B	210	95	1.0	0.74
Vehículo medidor del rozamiento TATRA con neumático según ASTM E1551 ( <i>TATRA Friction Tester</i> )	B	210	65	1.0	0.76
	B	210	95	1.0	0.67
Remolque medidor de asimiento ( <i>Griptester Friction Meter</i> )	C	140	65	1.0	0.74
	C	140	95	1.0	0.64

Los valores de rozamiento de la Tabla 16 son valores absolutos y han de aplicarse sin ninguna tolerancia. Estos valores se obtuvieron a partir de los estudios de investigación realizados por la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI). Los procedimientos de ensayo aplicables a cada equipo pueden consultarse en el documento “*Doc 9137 AN 898 Manual de Servicios de Aeropuertos Parte 2. Estado de la superficie de los pavimentos*” publicado por la OACI.

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el proyecto. Para ello, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado deberá levantarse mediante fresado y reponerse a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el proyecto, quedando el material fresado de propiedad del Constructor.

#### 5.2.8.8 Regularidad superficial

La evaluación final con perfilógrafo debe abarcar todo el proyecto para facilitar la evaluación de rugosidad entre los lotes de mezcla asfáltica. El Interventor evaluará la rugosidad del proyecto terminado con un perfilógrafo que cumpla con los requisitos del método ASTM E1274 o un perfilador inercial de Clase I que cumpla con el método ASTM E950. Los datos y resultados se entregarán dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes a la realización de los ensayos.

El pavimento deberá tener un “*Índice de Perfil*” promedio del perfilógrafo menor que quince (15) pulgadas por milla por décimo (1/10) milla. Las unidades del sistema inglés son estándar para este ensayo.

El perfilógrafo incluirá grabación electrónica y reducción computarizada y automática de los datos para identificar abultamientos que “*deban rectificarse*” y obtener el Índice de Perfil del pavimento empleando una banda de supresión (“*blanking band*”) de 0.2 pulgadas (5 mm). La plantilla de abultamientos (“*bump template*”) debe abarcar una (1) pulgada (25 mm) con un desplazamiento de 0.4 pulgadas (10 mm). El perfilógrafo debe calibrarse antes de su uso y será operado por un técnico debidamente capacitado por el fabricante del equipo.

Los perfilogramas se registrarán con una escala longitudinal de una (1) pulgada (25 mm) igual a veinticinco (25) pies (7.5 m) y una escala vertical de una (1) pulgada (25 mm) igual a una (1) pulgada (25 mm). El perfilógrafo se aplicará sobre cuatro (4) perfiles longitudinales: dos (2) a treinta centímetros (30 cm) y dos (2) cuatro y medio metros (4.5 metros) a derecha e izquierda de la línea central del proyecto.

Cualquier área que indique que "*debe rectificarse*" se corregirá mediante la demolición y reconstrucción del espesor total del pavimento de concreto, como lo indique el Interventor y sin costo adicional para el proyecto. El material de demolición será de propiedad del Constructor. Luego de hacer las correcciones se realizará una segunda pasada del perfilógrafo para verificar que las estas produjeron un Índice de Perfil promedio menor que quince (15) pulgadas por milla por décimo (1/10) milla.

La medida de regularidad con perfilógrafo no se aplicará en los pavimentos de las plataformas de aviación.

La Entidad conservará una copia de la medida y resultados de rugosidad con el perfilógrafo para su inclusión en el Programa de Gestión del Mantenimiento de los Pavimentos del Aeropuerto.

#### *5.2.8.9 Transferencia de carga en las juntas*

Se deberá comprobar la transferencia de carga, tanto en las juntas longitudinales como en las transversales, siguiendo las indicaciones de los documentos técnicos del proyecto. En ellos se fijarán, también, los valores mínimos admisibles y los procedimientos a seguir en caso de incumplimiento.

## **6 MÉTODO DE MEDIDA**

La unidad de medida del pavimento de concreto hidráulico será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico (0.1 m<sup>3</sup>), de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente aceptado por el Interventor, de acuerdo con lo exigido en esta especificación.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823-13.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y el espesor mostrados en los documentos del proyecto o ajustados según los cambios ordenados por el Interventor. En aquellos lotes aceptados cuyo espesor promedio resulte inferior al de diseño, el volumen se determinará usando el espesor promedio del lote en lugar del espesor mostrado en los documentos del proyecto. No se medirá, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites.

Cuando en el proyecto se establezca la construcción de losas reforzadas, como se indica en el numeral 2.2.3, el acero de refuerzo correspondiente se medirá en kilogramo (kg), aproximado al décimo de kilogramo, de acero de refuerzo para pavimento de concreto realmente suministrado y colocado en obra y debidamente aceptado por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

La medida no incluye el peso de soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio; ni los empalmes adicionales a los indicados en los planos, que hayan sido autorizados por el Interventor, para conveniencia del Constructor.

Tampoco se medirá el acero específicamente estipulado para pago en otras unidades de obra del contrato.

Si se sustituyen barras a solicitud del Constructor y como resultado de ello se usa más acero del que se ha especificado, no se medirá la cantidad adicional.

La medida para barras se basará en la masa computada para los tamaños y longitudes de barras utilizadas, usando las masas unitarias indicadas en la Tabla 17.

La medida para malla de alambre será el producto del área en metros cuadrados de malla efectivamente incorporada y aceptada en la obra por su masa real en kilogramos por metro cuadrado (kg/m<sup>2</sup>), aproximado al kilogramo completo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

**Tabla 17. Masa de las Barras por Unidad de Longitud**

Barra	Diámetro nominal		Masa (kg/m)	Barra	Diámetro nominal (mm)	Masa (kg/m)
	mm	pulgadas				
No. 2	6.4	¼	0.25	6M	6.0	0.22
No. 3	9.5	⅜	0.56	8M	8.0	0.39
No. 4	12.7	½	1.00	10M	10.0	0.62
No. 5	15.7	⅝	1.55	12M	12.0	0.89
No. 6	19.1	¾	2.24	16M	16.0	1.58
No. 7	22.2	⅞	3.04	18M	18.0	2.00
No. 8	25.4	1	3.97	20M	20.0	2.47
No. 9	28.7	1 ⅛	5.06	22M	22.0	2.98
No. 10	32.3	1 ¼	6.41	25M	25.0	3.85
No. 11	35.8	1 ⅜	7.91	32M	32.0	6.31
No. 14	43.0	1 ¾	11.38	45M	45.0	12.48
No. 18	57.3	2 ¼	20.24	55M	55.0	18.64

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en los planos del proyecto o las ordenadas por el Interventor.

El acero correspondiente a pasadores y barras de amarre no se medirá para efectos de pago independiente.

## 7 BASE DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del Contrato, multiplicado por el factor de ajuste total FAT según se indica a continuación, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada por el Interventor.

El factor de ajuste total FAT, que se calculará para cada lote individual y que tiene un valor máximo de la unidad (1), será el resultado de multiplicar el factor de ajuste por resistencia FAR, numeral 5.2.7.3.2, por el factor de ajuste por espesor FAE, numeral 5.2.8.2, determinados para ese lote.

$$FAT = FAR \times FAE \quad [501.3]$$

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de licencias ambientales, permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales y el descapote y la preparación de las zonas por explotar. Deberá cubrir, también, todos los costos de explotación de las fuentes de materiales; la selección, trituración, eventual lavado y clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los

desperdicios, cargues, transportes, descargues y la mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla de concreto cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; la obtención, el transporte, el suministro y la aplicación del agua requerida para el humedecimiento de la superficie de apoyo del pavimento o el suministro y la colocación del papel especial o el material plástico para aislar el pavimento de la capa de soporte; el costo de la definición de la fórmula de trabajo; el suministro, la colocación y el retiro de las formaletas fijas cuando ellas se utilicen; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y la colocación de los pasadores y de sus dispositivos de soporte, de las barras de unión, de los elementos para separación del pavimento y el suministro y la aplicación de los materiales de curado y de los materiales para el sello de todas las juntas según lo contemple el proyecto y su instalación; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado; la ejecución de juntas en fresco o por aserrado; el acabado superficial y el curado requerido; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación; el tramo de prueba; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito público durante la realización de las obras y durante el período de curado; la limpieza final del sitio de los trabajos al término satisfactorio de éstos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, además, todos los costos correspondientes a administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

La preparación de la superficie existente, salvo el humedecimiento o el suministro y colocación del papel especial o el material plástico previos a la colocación del concreto, se considera incluida en el ítem referente a la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto. Si dicho ítem no está incluido en el contrato, el Constructor deberá incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario del pavimento de concreto hidráulico.

El acero necesario para la construcción de losas reforzadas se pagará con cargo al Artículo 640, “*Acero de Refuerzo*”, de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

El pago se hará bajo el ítem:

Ítem P-501.7-1. Pavimento de concreto hidráulico por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

**\*\* Fin del Ítem P-501 Pavimento de Concreto de Cemento \*\***

# Ítem P-602 Riego de Imprimación con Emulsión Asfáltica

## 1 DESCRIPCIÓN

### 1.1 Descripción

Este ítem consistirá en el suministro, transporte, eventual calentamiento y aplicación uniforme de una emulsión asfáltica sobre la capa de base preparada de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con los alineamientos contenidos en los planos. El trabajo también incluye el eventual suministro y aplicación de una (1) capa de agregado fino para la protección de la superficie imprimada.

## 2 MATERIALES

### 2.1 Emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica de que trata esta especificación es una dispersión de pequeñas partículas de un cemento asfáltico en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter catiónico. La denominación del tipo de emulsión se compondrá de la letra C, representativa del emulsificante catiónico utilizado en su fabricación, seguida de las letras RL correspondientes a rotura lenta. A continuación de las letras anteriores habrá un guion seguido del número 1, indicativo del contenido de ligante residual de la emulsión. La letra h, que acompaña la denominación de una de las emulsiones de rotura lenta, indica que se trata de una emulsión de alta estabilidad. Para la emulsión CRL-1 se establecen dos rangos para la penetración del residuo:

- ARD: Asfalto residual duro para aplicaciones en zonas de clima cálido.
- ARB: Asfalto residual blando para aplicaciones en zonas de clima frío.

Las zonas de clima cálido corresponden a aquellas con temperatura atmosférica media anual superior a 15°C.

La emulsión asfáltica deberá satisfacer los requisitos indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Requisitos de la Emulsión Asfáltica para Riego de Imprimación**

Ensayo sobre la emulsión	Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1		Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1h		Método
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C, sSF	20	100	20	100	INV E-763-13
Contenido de agua, %	-	43	-	43	INV E-761-13
Estabilidad durante almacenamiento (24 h), % Sedimentación a los cinco días, %	-	1 5	-	1 5	INV E-764-13
Destilación Contenido de asfalto residual, %	57	-	57	-	INV E-762-13
Tamizado Retenido tamiz No. 20 (850 µm), %	-	0.10	-	0.10	INV E-765-13
Rotura en ensayo de mezcla con cemento, %	-	2.0	-	2.0	INV E-770-13
Carga de partícula	Positiva		Positiva		INV E-767-13

Ensayo sobre la emulsión	Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1		Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1h		Método
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
pH	-	6	-	6	INV E-768-13
<b>Ensayos sobre el residuo de destilación</b>					
Penetración (25°C, 100 g, 5 s), 0.1 mm					
- Asfalto residual duro	60	100	40	90	INV E-706-13
- Asfalto residual blando	100	250	40	90	
Ductilidad (25°C, 5 cm/minuto), cm	40	-	40	-	INV E-702-13
Solubilidad en tricloroetileno, %	97.5	-	97.5	-	INV E-713-13

Cuando se emplee emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-1, esta se deberá diluir en agua hasta que tenga una concentración aproximada de cuarenta por ciento (40%).

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento en todo cuanto pueda afectar la calidad del material. El Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad de la emulsión asfáltica.

## 2.2 Agregado de protección

El agregado de protección de la superficie imprimada será arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas, la cual estará exenta de polvo, terrones de arcilla u otros materiales objetables. El agregado de protección deberá satisfacer los requisitos establecidos en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Requisitos del Agregado de Protección del Riego de Imprimación**

Ensayo sobre el material	Requerimiento	Método
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	18	INV E-220-13
Índice de plasticidad	NP	INV E-125-13 INV E-126-13
Equivalente de arena, mínimo (%)	50	INV E-133-13
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	45	INV E-239-13
Adhesividad Riedel Webber, mínimo	4	INV E-774-13

La gradación del agregado de protección se deberá encontrar dentro de los límites de la siguiente tabla:

**Tabla 3. Requerimientos de Granulometría del Agregado de Protección**

Designación del tamiz	Porcentaje en peso que pasa el tamiz
¾ pulgada (9.5 mm)	100
No. 4 (4.75 mm)	95 – 100
No. 8 (2.36 mm)	80 – 100
No. 16 (1.15 mm)	50 – 85
No. 30 (600 µm)	25 – 60
No. 50 (300 µm)	10 – 30
No. 100 (150 µm)	2 – 10

## **3 MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN**

### **3.1 Equipo**

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren de la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad del presente ítem.

#### **3.1.1 Vehículos de transporte de la emulsión asfáltica**

Todos los equipos de transporte deberán cumplir todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos, a las condiciones técnico-mecánicas y a las del control de emisiones. Los vehículos deberán tener al día los certificados de revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes.

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación se realizará a granel en carrotanques que no requieran aislamientos térmicos ni calefacción. Los vehículos de transporte estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Asimismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

#### **3.1.2 Vehículos de transporte de agregados**

Los agregados se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin.

#### **3.1.3 Depósitos de almacenamiento de la emulsión**

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica antes de su uso se realizará en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga que se deberán encontrar en posiciones diametralmente opuestas entre sí. Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Asimismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de las muestras. Deberán, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión cuando esta se deba almacenar por tiempo prolongado.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte de la emulsión asfáltica deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de transvase, se preferirán las de tipo rotativo o las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase de la emulsión asfáltica del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación o jornada de trabajo.

#### **3.1.4 Equipo de limpieza**

El equipo para la limpieza previa de la superficie donde se aplicará el riego de imprimación estará constituido por una barredora mecánica de tipo rotatorio y/o una sopladora mecánica autopropulsadas, las cuales se utilizarán siempre y cuando las autoridades ambientales autoricen su empleo. Como equipo adicional se podrán utilizar compresores y escobas, y demás implementos que el Interventor autorice y que cumplan con las disposiciones ambientales vigentes.

### **3.1.5 Carrotanque irrigador**

El equipo deberá incluir un carrotanque irrigador de material asfáltico a presión y equipo para calentar el material asfáltico. El carrotanque irrigador deberá tener llantas neumáticas de tal tamaño y número que la carga producida en la superficie de la base no exceda los 4.5 kg/cm<sup>2</sup> para evitar ahuellamientos, desplazamientos o daños a la base, a la rodadura u otras capas de la estructura del pavimento. Se deberá configurar y equipar al carrotanque irrigador para rociar el material asfáltico con una cobertura uniforme a la temperatura especificada, a tasas determinadas y controladas de 0.23 a 4.50 litros por metro cuadrado, con un rango de presión de 172.4 a 517.1 kPa y con una variación permisible de la tasa especificada de no más de  $\pm 5\%$ , y en anchos variables. El carrotanque irrigador deberá incluir un generador independiente para la bomba de emulsión, barras de aspersión de circulación completa, tacómetro, medidores de presión, dispositivos de medición de volumen, calentadores adecuados para calentar los materiales a la temperatura de aplicación apropiada, un termómetro para medir la temperatura del material contenido en el tanque cuyo elemento sensible no esté cerca de un elemento calentador, y una manguera de mano acoplada para aplicar la emulsión asfáltica a presión en áreas inaccesibles para el carrotanque irrigador. El carrotanque irrigador deberá tener el equipo para circular y agitar el material asfáltico durante el proceso de calentamiento. Si el carrotanque irrigador no está equipado con una válvula de cierre rápido, la imprimación se iniciará y detendrá sobre papel de construcción, Kraft o de estraza.

Por ningún motivo se permitirá el empleo de escobas, regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

Los carrotanques irrigadores de asfalto deben calibrarse anualmente de acuerdo con el método ASTM D2995. El Constructor deberá presentar una certificación de calibración vigente para el camión irrigador de asfalto emitida por cualquier entidad aprobada por el Interventor.

### **3.1.6 Equipo de distribución de agregado**

Para la aplicación del agregado de protección se emplearán distribuidores mecánicos, acoplados a un camión o autopropulsados, que permitan la aplicación homogénea de la arena. Previa autorización del Interventor, el agregado se podrá aplicar manualmente en sitios puntuales o de difícil acceso para el equipo de distribución mecánica.

## **3.2 Aplicación de la emulsión asfáltica**

### **3.2.1 Preparación de la superficie existente**

Antes de autorizar los trabajos de imprimación, se comprobará que la superficie sobre la cual se va a efectuar la aplicación cumpla con todos los requisitos especificados en cuanto a conformación, compactación y acabado de la capa granular a la cual corresponda.

Si la superficie presenta fallas o imperfecciones, el Constructor procederá a corregirlas a entera satisfacción del Interventor.

En el momento de la aplicación, la capa granular sobre la cual se va a aplicar la emulsión no debe tener exceso de humedad. La humedad de la capa debe ser cercana a la óptima de compactación e, idealmente, estar dos puntos porcentuales (2%) por debajo de la misma.

La superficie que ha de recibir el riego de imprimación se limpiará cuidadosamente de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, empleando el equipo de limpieza aprobado. En lugares inaccesibles a los equipos mecánicos se permitirá el uso de escobas manuales. La limpieza debe dejar a la vista las

partículas gruesas sin soltarlas ni aflojarlas.

### **3.2.2 Determinación de la dosificación del ligante**

La dosificación del ligante depende del tipo de producto bituminoso, del sistema de aplicación y de las características superficiales de la capa granular por imprimir.

El Constructor establecerá la dosificación definitiva del ligante como aquella que sea capaz de absorber la capa que se imprima en un lapso de cuarenta y ocho (48) horas, logrando una penetración no inferior a 5 milímetros. Como guía, la tasa de aplicación deberá estar entre 0.68 a 1.36 litros por metro cuadrado de asfalto residual dependiendo de la textura de la superficie de la capa de base. La cantidad de asfalto residual no será inferior a 500 gramos por metro cuadrado.

El tipo de emulsión asfáltica y su tasa de aplicación deberán ser aprobados por el Interventor antes de la aplicación.

#### **3.2.2.1 Tasas de aplicación de prueba**

El Constructor deberá aplicar un mínimo de tres tramos, de al menos 30 m de longitud, con todo el ancho de la barra de aspersión del distribuidor para evaluar la cantidad de emulsión asfáltica que puede aplicarse satisfactoriamente con el equipo. Se aplicarán tres dosificaciones diferentes de emulsión asfáltica dentro del rango de aplicación especificado en el numeral 3.2. Se podrán realizar otras aplicaciones de prueba empleando diversas dosificaciones de material según las indicaciones del Interventor. La aplicación de prueba es para demostrar que el equipo puede aplicar uniformemente la emulsión asfáltica dentro de las tasas especificadas y determinar la tasa de aplicación para el proyecto.

### **3.2.3 Aplicación del ligante asfáltico**

La superficie deberá humedecerse mediante un rociado ligero previamente al riego de imprimación. Este humedecimiento no debe ser excesivo y los vacíos entre partículas no deben quedar llenos de agua.

La aplicación del ligante se hará de manera suave y uniforme. Se evitarán los traslajos en las juntas transversales que generan una dosificación excesiva de imprimante, para lo cual se colocarán tiras de papel u otro material adecuado en las zonas de iniciación o terminación del trabajo, de manera que el riego comience y termine sobre éstas. En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, deberá existir una pequeña superposición de éste a lo largo de la junta longitudinal.

La temperatura de aplicación deberá ser tal, que la viscosidad del producto asfáltico se encuentre entre cinco y veinte segundos Saybolt-Furol (5 sSF a 20 sSF).

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuera necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al término de la jornada.

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de material bituminoso, el Constructor corregirá la anomalía mediante la adición de emulsión o agregado de protección, respectivamente, a satisfacción del Interventor y sin costo adicional para el proyecto.

Cualquier elemento susceptible de ser manchados por el ligante deberá ser protegido adecuadamente por el Constructor antes de aplicar el riego.

Después de la aplicación de la emulsión asfáltica se deberá permitir que esta rompa, mediante la evaporación de cualquier volátil o humedad, antes de la construcción de la siguiente capa de pavimento. La superficie imprimada se deberá proteger de cualquier daño y se deberán reparar e imprimir las áreas defectuosas antes de colocar la siguiente capa de pavimento. Se deberá permitir el curado sin perturbación de la capa imprimada por un período de 48 horas o más, según sea necesario para lograr la penetración en la capa tratada.

### **3.3 Aplicación del agregado de protección**

#### **3.3.1 Determinación de la dosificación del agregado de protección**

La dosificación del agregado de protección será la mínima necesaria para absorber los excesos de ligante. En ningún caso la cantidad de agregado excederá de seis litros por metro cuadrado (6 l/m<sup>2</sup>).

#### **3.3.2 Extensión del agregado de protección**

La eventual extensión del agregado de protección se realizará, por instrucción del Interventor, donde se advierta que parte de la imprimación no se ha absorbido cuarenta y ocho (48) horas después de aplicado el ligante. El agregado de protección deberá cumplir lo indicado en el numeral 2.2 de esta especificación.

El agregado se extenderá con el equipo aprobado y su humedad, en el momento de la aplicación, no podrá exceder de cuatro por ciento (4%).

Se deberá evitar el contacto de las ruedas del equipo distribuidor del agregado con la imprimación sin cubrir. En caso de extender el agregado sobre una franja imprimada sin que lo hubiera sido la adyacente, se dejará sin cubrir una zona de la primera de unos quince o veinte centímetros (15 - 20 cm), junto a la zona que se encuentra sin imprimir.

El Constructor deberá remover el agregado de protección antes de las operaciones de colocación de concreto asfáltico sin costo adicional para el proyecto.

### **3.4 Control del tránsito**

Se prohibirá todo tipo de tránsito sobre la superficie imprimada mientras no se haya absorbido todo el ligante o, en caso de que se haya extendido el agregado protección, dentro de las cuatro horas siguientes a la aplicación de éste. El Constructor deberá proporcionar suficientes señales de advertencia y barricadas para que el tráfico no circule sobre superficies recién tratadas.

### **3.5 Reparaciones**

Todo daño a la superficie imprimada atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del Constructor, deberá ser reparado por este, sin costo adicional para el proyecto y entera satisfacción del Interventor.

### **3.6 Manejo ambiental**

Todas las labores se deberán realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Estas actividades implican el manejo de ligantes asfálticos, agregados pétreos y los tratamientos o mezclas elaboradas con ellos. En adición a los aspectos generales mencionados en el Artículo 106 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto particular o la legislación ambiental vigente.

En caso de contradicciones con lo indicado en este numeral prevalecerán, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

### **3.6.1 Ligante**

- Los depósitos de ligante se deberán localizar en lugares apartados de cursos o láminas de agua.
- Alrededor de los depósitos se deberán construir diques de contención para evitar la propagación de derrames accidentales.
- Los residuos de los carrotanques no podrán verterse dentro del proyecto, en estructuras de drenaje o en cauces o láminas de agua.
- En caso de vertimiento accidental del asfalto empleado en la ejecución de algún riego, dicho material deberá recogerse, incluyendo el suelo contaminado, y dispuestos en sitios de vertimiento construidos para tal fin y aprobado ambientalmente.
- Se deberá evitar sobrecalentamiento del producto en las plantas de mezcla en caliente.
- Los obreros que laboren en el transporte y disposición del asfalto deberán dotarse de los equipos apropiados de seguridad industrial.

### **3.6.2 Explotación y procesamiento de agregados pétreos**

- No se permitirá la explotación de fuentes de materiales en áreas de preservación ambiental.
- Se preferirá la extracción de fuentes explotadas para el abastecimiento de obras anteriores, siempre que la calidad de sus materiales sea adecuada.
- Se deberá planear adecuadamente la explotación de la fuente para minimizar los impactos resultantes del proceso y facilitar la recuperación ambiental al término de la explotación.
- Si los agregados se obtienen de fuentes comerciales, el Interventor sólo aceptará su uso después de que el Constructor le haga entrega de una copia auténtica de la respectiva licencia ambiental de operación.
- Antes de iniciar la explotación de las fuentes, el Constructor presentará al Interventor, para su evaluación y eventual aprobación, un plan de explotación.
- No está permitida la quema como forma de desmonte del área por explotar.
- Se deberá retirar cuidadosamente la capa vegetal de las zonas de explotación y mantenerla en buenas condiciones para recuperar dichas zonas al término de la explotación.
- Se deberán limitar al mínimo el desmonte, la limpieza y el descapote durante la construcción de las instalaciones de trituración y clasificación y la planta asfáltica.
- Si se deben interceptar drenajes naturales, ellos deberán ser adecuadamente canalizados.
- La planta de trituración deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.
- Siempre que se requiera lavado durante el proceso de producción de agregados, los residuos que genera esta operación deberán conducirse a piscinas de sedimentación.
- El manejo de explosivos deberá ser realizado por un experto.
- Los niveles de ruido y polvo causados por los procesos de explotación y procesamiento de los agregados deberán ser mantenidos dentro de los límites admitidos por las disposiciones oficiales vigentes.
- Se deberá procurar que las instalaciones de trituración y la planta asfáltica queden ubicadas en el mismo lote. Dichas instalaciones no se podrán situar en sitios ecológicamente sensibles, áreas con presencia de especies bióticas protegidas o en peligro de extinción, lugares con nivel freático cercano a la superficie o zonas con riesgo alto inestabilidad geotécnica. El área deberá aislarse con malla o lonas para reducir la dispersión de materiales.
- El vertimiento de cualquier desperdicio sólido a cauces o láminas de agua está prohibido.

- El horario nocturno de trabajo deberá ser limitado para no alterar la tranquilidad de la zona, en particular si las instalaciones están ubicadas cerca de zonas habitadas. Esta exigencia es también válida para la planta asfáltica y los trabajos mismos de construcción en la vía.
- Junto a las instalaciones de trituración serán construir piscinas de sedimentación para la retención del polvo mineral que se pueda producir en exceso.
- Al concluir la fase de explotación de las fuentes, el Constructor deberá readecuar los relieves del área, dejando los taludes con inclinaciones similares a las del entorno y con sus bordes superiores redondeados y realizará la recuperación del sistema de drenaje del lugar.
- Al desocupar las áreas de explotación y procesamiento, el Constructor deberá retirar todos los vestigios de ocupación del lugar, tales como estructuras, pisos, caminos internos, estacionamientos, escombros, etc. Asimismo, deberá descompactar los suelos y restaurar la vegetación y el paisaje.

### **3.6.3 Transporte de agregados y mezclas**

- El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Cuando viajen cargados, los vehículos deberán tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida el vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.
- Antes de entrar a vías pavimentadas, se deberán limpiar cuidadosamente las llantas de los vehículos. Los materiales resultantes de dicha limpieza no podrán arrojarse a la zona del proyecto, ni a cursos de agua, ni estructuras de drenaje superficial.

### **3.6.4 Transporte de materiales contaminantes o peligrosos**

- Los materiales tales como combustibles, lubricantes, explosivos, asfaltos, aguas servidas no tratadas, desechos y basuras se deberán transportar y almacenar adoptando las medidas necesarias para evitar derrames, pérdidas o daños por lluvias, hurtos o incendios.
- El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

### **3.6.5 Ejecución de riegos**

- Se deberá vigilar la viscosidad del ligante para impedir que el riego fluya hacia zonas ajenas a la superficie por tratar.
- Tanto cuando se construyan riegos como capas de mezcla, las operaciones de limpieza inherentes a cada actividad sólo se podrán efectuar con escobas o sopladores mecánicos, cuando ello esté permitido por la autoridad ambiental competente.

## **3.7 Limitaciones en la ejecución**

El riego de imprimación con emulsión asfáltica solo será aplicado cuando: (a) La superficie existente esté seca, (b) la temperatura atmosférica sea de 10°C o superior y no haya estado por debajo de 2°C en las 12 horas anteriores a la aplicación, y (c) cuando el clima no esté nublado o lluvioso.

La aplicación del riego de imprimación deberá estar coordinada con la puesta en obra de la capa superpuesta a él, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Interventor lo estime necesario, se aplicará otro riego de imprimación sin costo adicional para el proyecto, si la pérdida de efectividad de la imprimación anterior es imputable al Constructor.

Los trabajos de aplicación del riego de imprimación se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por la entidad o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

## 4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

### 4.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo.
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora, ni la seguridad de personas, bienes y animales.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad de esta especificación.
- Verificar el acatamiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Tomar muestras para los ensayos indicados en el numeral 2 y efectuar las respectivas pruebas cada vez que el Interventor lo estime conveniente.
- Verificar que en las operaciones de suministro de la emulsión asfáltica el Constructor cumpla con la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado de la fase de experimentación, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte y colocación de riego de imprimación y el agregado de protección.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones del ligante en el riego de imprimación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados durante el período de ejecución de las obras.
- La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control se adelantará de acuerdo con las siguientes normas de ensayo: INV E-201-13 para agregados pétreos e INV E-701-13 para materiales bituminosos.
- El Constructor cubrirá, sin costo para el proyecto, las áreas en las que el Interventor efectúe verificaciones de la dosificación del riego de imprimación.

### 4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados estarán a cargo del Interventor.

El laboratorio empleado para el control de calidad deberá contar con personal capacitado y equipos debidamente calibrados. Los certificados de vigencia de los equipos empleados en el control de calidad no deberán tener una vigencia superior a un año.

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se deberá redondear “a la unidad más cercana” en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación, en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823-13.

Las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

#### 4.2.1 Calidad del producto asfáltico

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión asfáltica donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en el numeral 2.1 de esta especificación. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no reemplazará, en ningún caso, a la ejecución de ensayos de comprobación, ni implica necesariamente la aceptación final de la entrega.

Sobre muestras representativas de las diversas entregas se efectuarán las verificaciones exigidas en el numeral 2.1. En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para ensayos posteriores de contraste, por si se presentan dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales. Los controles específicos para el recibo de la emulsión requerirán las siguientes verificaciones:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, el tipo de emulsión, su contenido de agua y la penetración del residuo. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él.
- Comprobar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en el numeral 2.1.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en el numeral 2.1.

#### 4.2.2 Calidad del agregado de protección

De cada procedencia del agregado y para cualquier volumen previsto se tomarán dos (2) muestras de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-201-13 y para cada fracción de ellas se realizarán los ensayos indicados en el numeral 2.2, cuyos resultados deberán satisfacer, en su totalidad, las exigencias allí indicadas. Además, durante la etapa de producción, se efectuarán las verificaciones de calidad del agregado indicadas en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de agregado de protección**

Ensayo sobre el material	Método	Frecuencia
Granulometría	INV E-123-13	Una (1) vez por jornada
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV E-220-13	Una (1) vez por mes
Índice de plasticidad	INV E-125-13 INV E-126-13	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	INV E-133-13	Una (1) vez por semana
Angularidad de la fracción fina	INV E-239-13	Una (1) vez por jornada
Adhesividad Riedel Webber	INV E-774-13	Una (1) vez por semana

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados pétreos que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 2.2. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

#### 4.2.3 Dosificación

Se considerará como lote, que será aceptado o rechazado en su integridad, el de menor área que resulte de aplicar los dos (2) siguientes criterios:

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) de área imprimada.
- La superficie imprimada en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se podrá comprobar verificando el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818-13. El Constructor deberá presentar hojas de ruta y boletos de entrega durante el progreso de la obra. Antes de que se permita el cálculo final, el Constructor deberá presentar las hojas de ruta y los boletos de entrega certificados por el Interventor de toda la emulsión asfáltica empleada en la construcción del pavimento cubierto por el Contrato. No se deberá retirar emulsión asfáltica del almacenamiento hasta que se hayan tomado las medidas iniciales de control de volumen y temperatura. Las unidades de entrega o almacenamiento no se liberarán hasta que se haya tomado el control de volumen final.

La dosificación también se podrá comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730-13, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La dosificación del agregado de protección, cuando su utilización sea ordenada por el Interventor, se comprobará mediante el pesaje de bandejas metálicas, según la norma de ensayo INV E-819-13, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730-13, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (TML) y de agregados (TMA) por lote, no podrán variar en más de diez por ciento (10 %) de las autorizadas por el Interventor (TEL y TEA).

$$0.90 TEL \leq TML \leq 1.10 TEL \quad [602.1]$$

$$0.90 TEA \leq TMA \leq 1.10 TEA \quad [602.2]$$

El Interventor se abstendrá de aceptar lotes imprimados donde la dosificación media de ligante o agregados esté por fuera del rango especificado. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos. El Constructor deberá ejecutar medidas correctivas sin costo adicional para el proyecto.

## 5 MÉTODO DE MEDIDA

La unidad de medida del riego de imprimación con emulsión asfáltica será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al entero, de todo el trabajo ejecutado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en esta especificación. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

La emulsión asfáltica pagada corresponderá a las cantidades medidas empleadas en las obras aceptadas, siempre y cuando las cantidades medidas no superen en un 10% la tasa especificada de aplicación. Cualquier cantidad de emulsión por encima del 10% de la tasa especificada de aplicación para cada uso se restará de las cantidades medidas, excepto en áreas irregulares donde haya sido necesaria la aspersion manual de la emulsión asfáltica. El agua que se haya añadido a la emulsión asfáltica no se medirá para efectos de pago.

## 6 BASE DE PAGO

### 6.1 Aspectos generales

En los casos en que el trabajo incluya el empleo de agregados pétreos vírgenes, el precio unitario deberá cubrir todos los costos de su adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; la obtención de licencias ambientales, las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos y llenante mineral, desperdicios, cargues, transportes, descargues, clasificación, colocación, mezcla, extensión y compactación de los materiales utilizados, en los casos en que ello corresponda.

También, deberá incluir los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “*Aspectos Ambientales*” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia y en la normativa ambiental vigente; así como los costos de la definición de la fórmula de trabajo cuando se requiera; los de la fase de experimentación; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

En relación con los explosivos, el Constructor deberá considerar dentro del respectivo precio unitario todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio e instante de utilización.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir el barrido y soplado de la superficie existente; la preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no haga parte del mismo Contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

## **6.2 Base de pago de riego de imprimación**

El pago se hará con el precio unitario del Contrato por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de riego de imprimación con emulsión asfáltica ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor. Este precio compensará totalmente el suministro de todos los materiales y toda la preparación, entrega y aplicación de los materiales, y toda la mano de obra, equipo, herramientas y accesorios necesarios para ejecutar este ítem. También incluirá la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de ser manchados por los riegos de asfalto.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá pago separado por el suministro y extensión del agregado de protección.

El pago se hará bajo el ítem:

Ítem P-602.6-1. Riego de imprimación con emulsión asfáltica CRL-1 por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

Ítem P-602.6-2. Riego de imprimación con emulsión asfáltica CRL-1h por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

**\*\* Fin del Ítem P-602 Riego de Imprimación con Emulsión Asfáltica \*\***

# Ítem P-603 Riego de Liga con Emulsión Asfáltica

## 1 DESCRIPCIÓN

### 1.1 Descripción

Este ítem consiste en el suministro, transporte, eventual calentamiento, preparación de la superficie y aplicación uniforme de una emulsión asfáltica sobre losas de concreto o sobre una capa asfáltica, previamente a la extensión de otra capa asfáltica que no sea un tratamiento superficial, un sello de arena-asfalto o una lechada asfáltica de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con los alineamientos contenidos en los planos.

## 2 MATERIALES

### 2.1 Emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica de que trata esta especificación es una dispersión de pequeñas partículas de un cemento asfáltico en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter catiónico. La denominación del tipo de emulsión se compondrá de la letra C, representativa del emulsificante catiónico utilizado en su fabricación, seguida de las letras RR correspondientes a rotura rápida. A continuación de las letras anteriores habrá un guion seguido del número 1 o del número 2, indicativo del contenido de ligante residual de la emulsión.

Para las emulsiones CRR-1 y CRR-2 se establecen dos rangos para la penetración del residuo:

- ARD: Asfalto residual duro para aplicaciones en zonas de clima cálido.
- ARB: Asfalto residual blando para aplicaciones en zonas de clima frío.

Las zonas de clima cálido corresponden a aquellas con temperatura atmosférica media anual superior a 15°C.

La emulsión asfáltica deberá satisfacer los requisitos indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Requisitos de la Emulsión Asfáltica para Riego de Liga**

Ensayo sobre la emulsión	Emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida tipo CRR-1		Emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida tipo CRR-2		Método
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C, SSF	20	100	100	400	INV E-763-13
Contenido de agua, %	-	40	-	35	INV E-761-13
Estabilidad durante almacenamiento (24 h), % Sedimentación a los cinco días, %	-	1 5	-	1 5	INV E-764-13
Destilación Contenido de asfalto residual, % Contenido de aceite, %	60 -	- 3	65 -	- 3	INV E-762-13
Tamizado Retenido tamiz No. 20 (850 µm), %	-	0.10	-	0.10	INV E-765-13
Demulsibilidad, %	40	-	40	-	INV E-766-13

Ensayo sobre la emulsión	Emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida tipo CRR-1		Emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida tipo CRR-2		Método
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Rotura en ensayo de mezcla con cemento, %	-	-	-	2.0	INV E-770-13
Carga de partícula	Positiva		Positiva		INV E-767-13
pH	-	6	-	6	INV E-768-13
<b>Ensayos sobre el residuo de destilación</b>					
Penetración (25°C, 100 g, 5 s), 0.1 mm					
- Asfalto residual duro	60	100	60	100	INV E-706-13
- Asfalto residual blando	100	250	100	250	
Ductilidad (25°C, 5 cm/minuto), cm	40	-	40	-	INV E-702-13
Solubilidad en tricloroetileno, %	97.5	-	97.5	-	INV E-713-13

La emulsión asfáltica para riego de liga no deberá diluirse.

Con la frecuencia que el Interventor considere pertinente se deberán comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento en todo cuanto pueda afectar la calidad del material. El Interventor podrá ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carro tanque mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad de la emulsión asfáltica.

### 3 MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN

#### 3.1 Equipo

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren de la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad del presente ítem.

##### 3.1.1 Vehículos de transporte de la emulsión asfáltica

Todos los equipos de transporte deberán cumplir todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos, a las condiciones técnico-mecánicas y a las del control de emisiones. Los vehículos deberán tener al día los certificados de revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes.

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación se realizará a granel en carro tanques que no requieran aislamientos térmicos ni calefacción. Los vehículos de transporte estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Asimismo, dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

##### 3.1.2 Depósitos de almacenamiento de la emulsión

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica antes de su uso se realizará en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga que se deberán encontrar en posiciones diametralmente opuestas entre sí. Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Asimismo, dispondrán de una válvula adecuada para la toma de las muestras. Deberán, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión cuando esta se deba almacenar por tiempo prolongado.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte de la emulsión asfáltica deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de transvase, se preferirán las de tipo rotativo o las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase de la emulsión asfáltica del carrotanque al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo deberán estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación o jornada de trabajo.

### **3.1.3 Equipo de limpieza**

El equipo para la limpieza previa de la superficie donde se aplicará el riego de liga estará constituido por una barredora mecánica de tipo rotatorio y/o una sopladora mecánica autopropulsadas, las cuales se utilizarán siempre y cuando las autoridades ambientales autoricen su empleo. Como equipo adicional se podrán utilizar compresores y escobas, y demás implementos que el Interventor autorice y que cumplan con las disposiciones ambientales vigentes.

### **3.1.4 Carrotanque irrigador**

El equipo deberá incluir un carrotanque irrigador de material asfáltico a presión y equipo para calentar el material asfáltico. El carrotanque irrigador deberá tener llantas neumáticas de tal tamaño y número que la carga producida en la superficie no exceda los 4.5 kg/cm<sup>2</sup> para evitar ahuellamientos, desplazamientos o daños a la rodadura u otras capas de la estructura del pavimento. Se deberá configurar y equipar al carrotanque irrigador para rociar el material asfáltico con una cobertura uniforme a la temperatura especificada, a tasas determinadas y controladas de 0.10 a 4.50 litros por metro cuadrado, con un rango de presión de 172.4 a 517.1 kPa y con una variación permisible de la tasa especificada de no más de  $\pm 5\%$ , y en anchos variables. El carrotanque irrigador deberá incluir un generador independiente para la bomba de emulsión, barras de aspersión de circulación completa, tacómetro, medidores de presión, dispositivos de medición de volumen, calentadores adecuados para calentar los materiales a la temperatura de aplicación apropiada, un termómetro para medir la temperatura del material contenido en el tanque cuyo elemento sensible no esté cerca de un elemento calentador, y una manguera de mano acoplada para aplicar la emulsión asfáltica a presión en áreas inaccesibles para el carrotanque irrigador.

El equipo deberá estar en buen estado de funcionamiento y no deberá contener contaminantes ni diluyentes en el tanque de almacenamiento. Las boquillas de la barra de aspersión deberán estar limpias, libres de rebabas y tener un tamaño adecuado para mantener una distribución uniforme de la emulsión. Se consideran apropiadas cualesquiera tipos de boquillas o fuentes de presión que mantengan los caudales predeterminados y una presión constante durante el proceso de aplicación con velocidades de aplicación menores que 13 kilómetros por hora o 217 metros por minuto.

El equipo se probará bajo presión para detectar fugas y para garantizar una configuración adecuada antes de su empleo con el fin de verificar la puesta a punto del camión mediante un área de prueba que incluye, entre otros, el tamaño de las boquillas adecuadas para la aplicación, la altura de la barra de aspersión, la presión y velocidad de la bomba, la evidencia de un patrón de rociado de triple superposición, la ausencia de fugas, y cualquier otro factor relevante para garantizar que el camión esté en buen estado de funcionamiento antes de su uso.

El camión distribuidor deberá estar equipado con una barra de aspersión de por lo menos 3.7 metros de longitud, con control de boquillas individuales y tasas de aplicación controladas por computador. El camión distribuidor deberá tener un termómetro de fácil acceso que monitoree constantemente la temperatura de la emulsión y un sensor mecánico operable en el tanque que pueda emplearse para verificar la precisión de la computadora. Si el

carrotanque irrigador no está equipado con una válvula de cierre rápido, el riego de liga se iniciará y detendrá sobre papel de construcción, Kraft o de estraza.

El camión distribuidor estará equipado para calentar y mezclar efectivamente el material a la temperatura requerida antes de la aplicación, según sea necesario. El calentamiento y mezclado se realizarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la emulsión asfáltica. No se deberá sobrecalentar ni mezclar en exceso la emulsión asfáltica.

Para áreas inaccesibles al carrotanque y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo se permitirá el empleo de escobas, regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

Los carrotanques irrigadores de asfalto deben calibrarse anualmente de acuerdo con el método ASTM D2995. El Constructor deberá presentar una certificación de calibración vigente para el camión irrigador de asfalto emitida por cualquier entidad aprobada por el Interventor.

### 3.2 Aplicación de la emulsión asfáltica

#### 3.2.1 Preparación de la superficie existente

La superficie sobre la cual se ha de aplicar el riego de liga deberá cumplir todos los requisitos de calidad y uniformidad exigidos para que pueda recibir la capa asfáltica según lo contemplen los documentos del proyecto. De no ser así, el Constructor deberá realizar todas las correcciones previas que le indique el Interventor.

La superficie deberá limpiarse de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial para el trabajo, empleando barredoras o sopladoras mecánicas en sitios accesibles a ellas, si su uso está autorizado, y escobas manuales donde aquellas no puedan acceder.

Cuando la superficie que va a recibir el riego de liga sea de tipo asfáltico, se deberán eliminar previamente, mediante fresado, los excesos de ligante que puedan existir y se repararán todos los desperfectos que puedan impedir una correcta adherencia.

#### 3.2.2 Determinación de la dosificación del ligante

El Constructor establecerá la dosificación definitiva del ligante con base en los resultados de las pruebas iniciales en obra. El tipo de emulsión asfáltica y su tasa de aplicación deberán ser aprobados por el Interventor antes de la aplicación. La emulsión asfáltica se aplicará de manera uniforme con el distribuidor de asfalto con las tasas apropiadas para las condiciones y superficies especificadas en la siguiente tabla. No se diluirá la emulsión asfáltica.

**Tabla 2. Tasa de Aplicación de Emulsión Asfáltica para Riego de Liga**

<b>Tipo de superficie</b>	<b>Tasa residual (litros / m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tasa de aplicación de emulsión asfáltica mediante barra de aspersión (litros / m<sup>2</sup>)</b>
<b>Nuevo concreto asfáltico</b>	0.09-0.23	0.13-0.32
<b>Concreto asfáltico existente</b>	0.18-0.32	0.27-0.50
<b>Superficie fresada</b>	0.18-0.36	0.27-0.54
<b>Concreto hidráulico</b>	0.13-0.23	0.23-0.36

### **3.2.3 Aplicación del ligante asfáltico**

La aplicación del ligante se hará con el equipo aprobado y a una temperatura tal, que dé lugar a una viscosidad Saybolt-Furol entre diez y cuarenta segundos (10 sSF - 40 sSF), de manera uniforme, evitando la doble aplicación en las juntas transversales. Con este propósito se colocarán tiras de papel o de otro material adecuado bajo las boquillas, en aquellas zonas de la superficie en donde empiece y termine el riego, con el objeto de que éste se inicie o culmine sobre ellas y las boquillas funcionen con normalidad sobre la zona por tratar.

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, deberá existir una pequeña superposición de este a lo largo de la junta longitudinal.

El riego sólo se aplicará cuando la superficie esté seca y con la anticipación necesaria a la colocación de la capa bituminosa, para que presente las condiciones de adherencia requeridas.

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deberán limpiar al final de la jornada.

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de ligante, el Constructor corregirá la anomalía mediante la adición de ligante o arena limpia, según el caso, sin costo adicional para el proyecto y a plena satisfacción del Interventor.

Cualquier elemento susceptible de ser manchados por el ligante deberá ser protegido adecuadamente por el Constructor antes de aplicar el riego.

Después de la aplicación de la emulsión asfáltica se deberá permitir que esta rompa, mediante la evaporación de cualquier volátil o humedad, antes de la construcción de la siguiente capa de pavimento. El periodo de rotura será determinado por el Interventor. El Constructor protegerá el riego de liga y conservará la superficie de este hasta que se construya la siguiente capa del pavimento. Si el riego de liga es alterado por las actividades del Constructor, este deberá volver a aplicarlo a su costa.

### **3.3 Control del tránsito**

No se permitirá transitar por la superficie sobre la cual se ha aplicado el riego de liga, sin la autorización del Interventor.

### **3.4 Reparaciones**

Todo daño de la superficie tratada atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del Constructor, deberá ser reparado por éste, sin costo alguno para el proyecto, a entera satisfacción del Interventor.

### **3.5 Manejo ambiental**

Todas las labores se deberán realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Estas actividades implican el manejo de ligantes asfálticos, agregados pétreos y los tratamientos o mezclas elaboradas con ellos. En adición a los aspectos generales mencionados en el Artículo 106 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto particular o la legislación ambiental vigente.

En caso de contradicciones con lo indicado en este numeral prevalecerán, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

### **3.5.1 Ligante**

- Los depósitos de ligante se deberán localizar en lugares apartados de cursos o láminas de agua.
- Alrededor de los depósitos se deberán construir diques de contención para evitar la propagación de derrames accidentales.
- Los residuos de los carrotanques no podrán verterse dentro del proyecto, en estructuras de drenaje o en cauces o láminas de agua.
- En caso de vertimiento accidental del asfalto empleado en la ejecución de algún riego, dicho material deberá recogerse, incluyendo el suelo contaminado, y dispuestos en sitios de vertimiento construidos para tal fin y aprobado ambientalmente.
- Se deberá evitar sobrecalentamiento del producto en las plantas de mezcla en caliente.
- Los obreros que laboren en el transporte y disposición del asfalto deberán dotarse de los equipos apropiados de seguridad industrial.

### **3.5.2 Explotación y procesamiento de agregados pétreos**

- No se permitirá la explotación de fuentes de materiales en áreas de preservación ambiental.
- Se preferirá la extracción de fuentes explotadas para el abastecimiento de obras anteriores, siempre que la calidad de sus materiales sea adecuada.
- Se deberá planear adecuadamente la explotación de la fuente para minimizar los impactos resultantes del proceso y facilitar la recuperación ambiental al término de la explotación.
- Si los agregados se obtienen de fuentes comerciales, el Interventor sólo aceptará su uso después de que el Constructor le haga entrega de una copia auténtica de la respectiva licencia ambiental de operación.
- Antes de iniciar la explotación de las fuentes, el Constructor presentará al Interventor, para su evaluación y eventual aprobación, un plan de explotación.
- No está permitida la quema como forma de desmonte del área por explotar.
- Se deberá retirar cuidadosamente la capa vegetal de las zonas de explotación y mantenerla en buenas condiciones para recuperar dichas zonas al término de la explotación.
- Se deberán limitar al mínimo el desmonte, la limpieza y el descapote durante la construcción de las instalaciones de trituración y clasificación y la planta asfáltica.
- Si se deben interceptar drenajes naturales, ellos deberán ser adecuadamente canalizados.
- La planta de trituración deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.
- Siempre que se requiera lavado durante el proceso de producción de agregados, los residuos que genera esta operación deberán conducirse a piscinas de sedimentación.
- El manejo de explosivos deberá ser realizado por un experto.
- Los niveles de ruido y polvo causados por los procesos de explotación y procesamiento de los agregados deberán ser mantenidos dentro de los límites admitidos por las disposiciones oficiales vigentes.
- Se deberá procurar que las instalaciones de trituración y la planta asfáltica queden ubicadas en el mismo lote. Dichas instalaciones no se podrán situar en sitios ecológicamente sensibles, áreas con presencia de especies bióticas protegidas o en peligro de extinción, lugares con nivel freático cercano a la superficie o zonas con riesgo alto inestabilidad geotécnica. El área deberá aislarse con malla o lonas para reducir la dispersión de materiales.
- El vertimiento de cualquier desperdicio sólido a cauces o láminas de agua está prohibido.

- El horario nocturno de trabajo deberá ser limitado para no alterar la tranquilidad de la zona, en particular si las instalaciones están ubicadas cerca de zonas habitadas. Esta exigencia es también válida para la planta asfáltica y los trabajos mismos de construcción en la vía.
- Junto a las instalaciones de trituración serán construir piscinas de sedimentación para la retención del polvo mineral que se pueda producir en exceso.
- Al concluir la fase de explotación de las fuentes, el Constructor deberá readecuar los relieves del área, dejando los taludes con inclinaciones similares a las del entorno y con sus bordes superiores redondeados y realizará la recuperación del sistema de drenaje del lugar.
- Al desocupar las áreas de explotación y procesamiento, el Constructor deberá retirar todos los vestigios de ocupación del lugar, tales como estructuras, pisos, caminos internos, estacionamientos, escombros, etc. Asimismo, deberá descompactar los suelos y restaurar la vegetación y el paisaje.

### **3.5.3 Transporte de agregados y mezclas**

- El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Cuando viajen cargados, los vehículos deberán tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida el vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.
- Antes de entrar a vías pavimentadas, se deberán limpiar cuidadosamente las llantas de los vehículos. Los materiales resultantes de dicha limpieza no podrán arrojarse a la zona del proyecto, ni a cursos de agua, ni estructuras de drenaje superficial.

### **3.5.4 Transporte de materiales contaminantes o peligrosos**

- Los materiales tales como combustibles, lubricantes, explosivos, asfaltos, aguas servidas no tratadas, desechos y basuras se deberán transportar y almacenar adoptando las medidas necesarias para evitar derrames, pérdidas o daños por lluvias, hurtos o incendios.
- El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

### **3.5.5 Ejecución de riegos**

- Se deberá vigilar la viscosidad del ligante para impedir que el riego fluya hacia zonas ajenas a la superficie por tratar.
- Tanto cuando se construyan riegos como capas de mezcla, las operaciones de limpieza inherentes a cada actividad sólo se podrán efectuar con escobas o sopladores mecánicos, cuando ello esté permitido por la autoridad ambiental competente.

## **3.6 Limitaciones en la ejecución**

El riego de liga con emulsión asfáltica solo será aplicado cuando: (a) La superficie existente esté seca, (b) la temperatura atmosférica sea de 10°C o superior y no haya estado por debajo de 2°C en las 12 horas anteriores a la aplicación, y (c) cuando el clima no esté nublado o lluvioso.

La aplicación del riego de liga deberá estar coordinada con la puesta en obra de la capa superpuesta a él, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el Interventor lo estime necesario, se aplicará otro riego de liga sin costo adicional para el proyecto, si la pérdida de efectividad del riego de liga anterior es imputable al Constructor.

Los trabajos de aplicación del riego de liga se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por la entidad o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

## 4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

### 4.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo.
- Verificar que durante el vaciado de los carrotanques no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora, ni la seguridad de personas, bienes y animales.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad de esta especificación.
- Verificar el acatamiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Tomar muestras para los ensayos indicados en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y efectuar las respectivas pruebas cada vez que el Interventor lo estime conveniente.
- Verificar que en las operaciones de suministro de la emulsión asfáltica el Constructor cumpla con la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado de la fase de experimentación, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte y colocación de riego de liga.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones del ligante en el riego de liga.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados durante el período de ejecución de las obras.
- La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control se adelantará de acuerdo con las siguientes normas de ensayo: INV E-201-13 para agregados pétreos e INV E-701-13 para materiales bituminosos.
- El Constructor cubrirá, sin costo para el proyecto, las áreas en las que el Interventor efectúe verificaciones de la dosificación del riego de liga.

### 4.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados estarán a cargo del Interventor.

El laboratorio empleado para el control de calidad deberá contar con personal capacitado y equipos debidamente calibrados. Los certificados de vigencia de los equipos empleados en el control de calidad no deberán tener una vigencia superior a un año.

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se deberá redondear “a la unidad más cercana” en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación, en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823-13.

Las áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deberán ser corregidas por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste, sin costo adicional para el proyecto.

#### 4.2.1 Calidad del producto asfáltico

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión asfáltica donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de esta especificación. El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no reemplazará, en ningún caso, a la ejecución de ensayos de comprobación, ni implica necesariamente la aceptación final de la entrega.

Sobre muestras representativas de las diversas entregas se efectuarán las verificaciones exigidas en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En todos los casos, el Interventor guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, por si se presentan dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales. Los controles específicos para el recibo de la emulsión requerirán las siguientes verificaciones:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, el tipo de emulsión, su contenido de agua y la penetración del residuo. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él.
- Comprobar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en el numeral 2.1.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

#### 4.2.2 Dosificación

Se considerará como lote, que será aceptado o rechazado en su integridad, el de menor área que resulte de aplicar los dos (2) siguientes criterios:

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) de área con riego de liga.
- La superficie con riego de liga en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se podrá comprobar verificando el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818-13. El Constructor deberá presentar hojas de ruta y boletos de entrega durante el progreso de la obra. Antes de que se permita el cálculo final, el Constructor deberá presentar las hojas de ruta y los boletos de entrega certificados por el Interventor de toda la emulsión asfáltica empleada en la construcción del pavimento cubierto por el Contrato. No se deberá retirar emulsión asfáltica del almacenamiento hasta que se hayan tomado las medidas iniciales de control de volumen y temperatura. Las unidades de entrega o almacenamiento no se liberarán hasta que se haya tomado el control de volumen final.

La dosificación también se podrá comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote,

ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730-13, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La tasa media de aplicación de ligante residual (TML) por lote, no podrán variar en más de diez por ciento (10 %) de las autorizadas por el Interventor (TEL y TEA).

$$0.90 \text{ TEL} \leq \text{TML} \leq 1.10 \text{ TEL} \quad [603.1]$$

El Interventor se abstendrá de aceptar lotes con riego de liga donde la dosificación media de ligante esté por fuera del rango especificado. Tampoco se aceptará un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El Interventor determinará las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos. El Constructor deberá ejecutar medidas correctivas sin costo adicional para el proyecto.

## 5 MÉTODO DE MEDIDA

La unidad de medida del riego de liga con emulsión asfáltica será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al entero, de todo el trabajo ejecutado a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en esta especificación. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Interventor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823-13.

La emulsión asfáltica pagada corresponderá a las cantidades medidas empleadas en las obras aceptadas, siempre y cuando las cantidades medidas no superen en un 10% la tasa especificada de aplicación. Cualquier cantidad de emulsión por encima del 10% de la tasa especificada de aplicación para cada uso se restará de las cantidades medidas, excepto en áreas irregulares donde haya sido necesaria la aspersion manual de la emulsión asfáltica.

## 6 BASE DE PAGO

### 6.1 Aspectos generales

En los casos en que el trabajo incluya el empleo de agregados pétreos vírgenes, el precio unitario deberá cubrir todos los costos de su adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; la obtención de licencias ambientales, las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos y llenante mineral, desperdicios, cargues, transportes, descargues, clasificación, colocación, mezcla, extensión y compactación de los materiales utilizados, en los casos en que ello corresponda.

También, deberá incluir los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo 106 “Aspectos Ambientales” de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia y en la normativa ambiental vigente; así como los costos de la definición de la fórmula de trabajo cuando se requiera; los de la fase de experimentación; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante

la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del Interventor.

En relación con los explosivos, el Constructor deberá considerar dentro del respectivo precio unitario todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio e instante de utilización.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir el barrido y soplado de la superficie existente; la preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no haga parte del mismo Contrato, caso en el cual el Constructor deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

El costo de los materiales, equipos y operaciones requeridos para la corrección de defectos o excesos en el riego de liga deberá ser asumido por el Constructor.

## **6.2 Base de pago de riego de liga**

El pago se hará con el precio unitario del Contrato por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de riego de liga con emulsión asfáltica ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

Este precio compensará totalmente el suministro de todos los materiales y toda la preparación, entrega y aplicación de los materiales, y toda la mano de obra, equipo, herramientas y accesorios necesarios para ejecutar este ítem. También incluirá la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de ser manchados por los riegos de asfalto.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El pago se hará bajo el ítem:

Ítem P-603.6-1. Riego de liga con emulsión asfáltica CRR-1 por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

Ítem P-603.6-1. Riego de liga con emulsión asfáltica CRR-2 por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

**\*\* Fin del Ítem P-603 Riego de Liga con Emulsión Asfáltica \*\***

## Art. P-1200 Exploración de campo y ensayos de laboratorio

### Descripción

Este trabajo consiste en realizar los estudios, análisis y exploraciones necesarios para garantizar los diseños sean adecuados, atendiendo las normas y disposiciones legales vigentes. Para planear el método de construcción más adecuado, predecir y contrarrestar las dificultades que pueden surgir durante la construcción, Determinando las variaciones de las condiciones del terreno, previa autorización de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, atendiendo las normas y disposiciones legales vigentes.

**Clasificación:** Exploración de campo y ensayos de laboratorio se clasificará de acuerdo con los siguientes criterios:

**Ítem P-1200.1 - Sondeo mecánico (incluye perforación en suelo, roca o conglomerado; recuperación de muestras inalteradas y muestreo en cajas debidamente rotulado; ensayo SPT cada 1.50 m; transporte de la maquinaria al sitio; traslados internos de la maquinaria en sitio; suministro de agua para perforación) Ensayos de laboratorio (Limites de atterberg, corte directo, consolidación, triaxial):** se deberá realizar la caracterización geológica, geotécnica, para las estructuras contempladas en el proyecto como pavimentos, Para la realización de los trabajos, además de los reconocimientos in situ del terreno y de los ensayos de laboratorio que sean necesarios, se utilizará la documentación bibliográfica y cartográfica disponible, así como la información que proporcionen otros trabajos técnicos, estudios y proyectos anteriores, normas y disposiciones legales vigentes, se deberá entregar informe de resultados.

**Ítem P-1200.2 - CBR en material arcilloso:** se realiza para determina la razón de soporte del suelo compactado. Este ensayo permite conocer la calidad del suelo de la subrasante u otros materiales para ser usados como base y subbase. El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad tómesese como base la norma INVIAS INV E-141 y INV E-142; este ensayo se realizará mediante la recolección de sacos de suelo para el estudio de las relaciones peso unitario–humedad–resistencia en el laboratorio, la toma de muestras “inalteradas” para CBR o la aplicación en campo de la placa cargada, para cada unidad de diseño se requieren entre tres y siete ensayos de CBR, o dos o tres ensayos de placa en función del pavimento a diseñar (flexible o rígido) y la variabilidad propia de los resultados de estas pruebas, se deberá entregar informe de los resultados.

### Materiales

- Equipo de perforación y recuperación de muestra (trípode con pesa de 140 lbr, barreno o equipo de perforación)



(8720472- 8720474  
NIT: 900.240.084-2



atencion@aerpuertodelcafe.com.co



**Manizales** - Carrera 22 No. 18-09 piso 2  
Centro Administrativo Municipal



**Palestina** Calle 8 No. 5-04.  
Teléfonos: 8710845

- Tubería para recuperación de muestra inalterada “shelby”
- sacos para transporte de muestra alterada.

### **Característica técnica Ejecución de los trabajos**

Los sondeos mecánicos se realizarán acorde a la normatividad vigente y teniendo en cuenta los requerimientos del especialista en el área.

Se requieren que Todas las perforaciones deberán alcanzar profundidades mínimas de tres (3.0) metros con el fin de identificar posibles suelos compresibles o débiles, o planos de falla que pudiesen comprometer la estabilidad del pavimento, tanto en corte como lleno, durante la operación del aeropuerto. La caracterización de los suelos requiere el estudio de propiedades de deformación, resistencia y flujo, lo cual implica muestreo inalterado para ensayos de consolidación, corte y triaxial.

Uno de los resultados esperados de la exploración, muestreo y ensayo realizados con estas recomendaciones es la clasificación y sectorización de los suelos que, en efecto, serán la subrasante de los pavimentos de las pistas, calles de rodaje y plataformas.

Para cada una de estas unidades de diseño se deberá realizar una evaluación geotécnica con los ensayos de CBR o de placa cargada, los cuales no se hacen en perforaciones de poco diámetro sino mediante la recolección de sacos de suelo para el estudio de las relaciones peso unitario–humedad–resistencia en el laboratorio, la toma de muestras “inalteradas” para CBR o la aplicación en campo de la placa cargada.

para cada unidad de diseño se requieren entre tres y siete ensayos de CBR, o dos o tres ensayos de placa en función del pavimento a diseñar (flexible o rígido) y la variabilidad propia de los resultados de estas pruebas.

### **Pruebas y ensayos**

- **Límites de atterberg**
- **Clasificación**
- **corte directo**
- **consolidación**
- **triaxial**
- **CBR**

### **Ejecución de los trabajos**

Se realizará perforación de suelo con recuperación de muestra inalterada y muestra alterada en sacos, de igual forma se realizará in-situ el ensayo SPT realizando



(8720472- 8720474  
NIT: 900.240.084-2



atencion@aerpuertodelcafe.com.co



**Manizales** - Carrera 22 No. 18-09 piso 2  
Centro Administrativo Municipal



**Palestina** Calle 8 No. 5-04.  
Teléfonos: 8710845

conteo con la pesa para determinar parámetros de resistencia del suelo; la muestra se llevará a laboratorio certificado y se realizarán los ensayos respectivos.

## Condiciones para el recibo de los trabajos

### Controles

Durante la ejecución de los trabajos, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos aplicados por el CONSTRUCTOR.
- Verificar el cumplimiento de las normas y disposiciones legales vigentes.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo con esta especificación.

### Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

#### Aspectos generales

El interventor sólo aceptará al dar cumplimiento al informe LCVT-PAV informe final CAPITULO 2.

De este se derivará un informe con las notas, resultados de los ensayos y análisis de los resultados.

#### Medida

La medida para la Exploración de campo y ensayos de laboratorio, ejecutada de acuerdo las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, se hará de acuerdo con las siguientes modalidades:

- Por metro lineal (m).
- Por unidad completa (u)

#### Forma de pago

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, transporte, exploración laboratorios e informes y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del constructor.

### ÍTEM DE PAGO

**Ítem P-1200.1 - Sondeo mecánico (incluye perforación en suelo, roca o conglomerado; recuperación de muestras inalteradas y muestreo en cajas debidamente rotulado; ensayo SPT cada 1.50 m; transporte de la maquinaria al sitio; traslados internos de la maquinaria en sitio; suministro de agua para perforación) Ensayos de laboratorio (Limites de atterberg, corte directo, consolidación, triaxial). Unidad (m)**

**Ítem P-1200.2 - CBR en material arcilloso. Unidad (und)**



(8720472- 8720474  
NIT: 900.240.084-2



atencion@aerpuertodelcafe.com.co



**Manizales** - Carrera 22 No. 18-09 piso 2  
Centro Administrativo Municipal



**Palestina** Calle 8 No. 5-04.  
Teléfonos: 8710845

# Estructuración Aeropuerto del Café Fase I

Componente N.º 1

Etapa I

Entregable N.º 6.2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

**Fecha: Noviembre 2020**

**Revisión 02**

---

## Información documental

### Información general:

Título del Documento:	Especificaciones Técnicas
Código del Documento:	UTAK-F1_C1_ET1_E06.2
Fecha Redacción:	Noviembre 2020

### Registro de aprobación:

Revisión: 02	Elaboró (Consultor)	Revisó y Aprobó (Consultor)	Revisó (Externo)	Aprobó (Externo)
Firma:				
Nombre:	José Antonio Poyato Moreira	Carlos Berenguer López		
Cargo:	Experto en programación y presupuesto	Director General		
Fecha:	Noviembre 2020	Noviembre 2020		

### Registro de modificaciones:

# Revisión	Fecha	Descripción de las modificaciones
00	31/08/2020	-
01	26/10/2020	Ajuste tras revisión realizada por Aerocafé.
02	23/11/2020	Ajuste tras 2ª revisión realizada por Aerocafé.

## **Aviso legal**

*Este documento fue elaborado por la UNIÓN TEMPORAL AERTEC-KPMG para el uso exclusivo y privilegiado de la Asociación Aeropuerto del Café, la Corporación Andina de Fomento CAF – Banco de Desarrollo de América Latina y el Fondo de Prosperidad Británico en Colombia (el “Cliente”) en relación con el proyecto en referencia. No podrá utilizarse con ningún otro fin, salvo que el Cliente considere lo contrario, al presente documento también podrán tener acceso (i) la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil – Aerocivil y la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI, exclusivamente para efectos de validar la información que se somete a su consideración; y (ii) las personas que llegasen a participar en aquellos trámites y procedimientos correspondientes a la selección y contratación del futuro concesionario quienes podrán conocer y utilizar su contenido, la información o cualquier opinión emitida en el citado documento (los “Destinatarios”).*

*No asumimos ningún deber de cuidado, obligación o responsabilidad con respecto a ningún otro destinatario de este documento. Este informe es confidencial y contiene propiedad intelectual protegida. La persona que reciba el presente documento no podrá usarlo para propósitos diferentes a los relacionados con el objeto del proyecto, deberá mantener el carácter confidencial de la información que reciba y deberá darle trato como si fuera información confidencial propia.*

*No realizamos ninguna manifestación, garantía o compromiso, ya sea en forma expresa o implícita, y no aceptamos ninguna responsabilidad u obligación ante ninguna parte que no sea el Cliente o cualquier Destinatario con respecto a la precisión o la integridad de la información incluida en el presente documento. Para evitar todo tipo de duda, este documento no pretende incluir de ninguna manera ningún tipo de opinión o asesoramiento legal, financiero o de seguros.*

*Negamos toda responsabilidad que surja por un hecho ilícito, un contrato o de otra forma ante cualquier parte que no sea el Cliente o el (los) Destinatario(s), en relación con el presente informe o cualquier información que se le atribuya.*

*No asumimos ninguna responsabilidad por errores u omisiones del documento como consecuencia de errores u omisiones en los datos, la información o las declaraciones que nos provean otras partes, incluido el Cliente (‘Datos’). Hemos verificado tales Datos de manera independiente y hemos asumido que están completos y actualizados a la fecha.*

*Las proyecciones y estudios incluidos en este documento se confeccionaron utilizando los Datos y, por tanto, el documento está sujeto a los Datos o se basa en los mismos. Inevitablemente, algunas de las presunciones utilizadas para desarrollar las proyecciones y/o estudios pueden no materializarse y/o podrían tener lugar acontecimientos y circunstancias no previstas.*

*Aclaremos que los estudios y diseños relacionados en el documento fueron elaborados para un proyecto en etapa precontractual, por lo que los mismos podrán tener algún tipo de ajuste frente a los diseños de la etapa constructiva. Estos ajustes podrán ser el resultado del propio proceso de diseño o por la subsanación de soluciones técnicas condicionadas por los Datos, los cuales han sido proporcionados principalmente por la Asociación Aeropuerto del Café – Aerocafé.*

*Todas las obligaciones de la UNIÓN TEMPORAL AERTEC-KPMG son de medio y no de resultado. Sin perjuicio de que el presente documento ha sido elaborado conforme a nuestras obligaciones contractuales y legales, todas las partes deberán analizar la información contenida en su calidad de expertos y, en caso de considerarlo necesario, deberán realizar estudios y/o análisis adicionales.*

*En ningún caso se podrá utilizar este documento o cualquier fragmento o resumen de este en relación con una oferta pública o privada de títulos valores, lo cual incluye todo memorando o prospecto relacionados con destino a cualquier oferta de títulos valores o cotización o anuncio bursátiles.*

## Índice documento

<b>Información documental</b> .....	<b>I</b>
<b>Índice documento</b> .....	<b>i</b>
<b>0. Introducción</b> .....	<b>1</b>
0.1. Objeto.....	1
0.2. Alcance.....	1
0.3. Metodología .....	1
<b>1. Explanación del terreno y conformación de franja de pista</b> .....	<b>2</b>
1.0. Generalidades .....	2
1.1. Art. 200. Desmonte y limpieza .....	2
1.2. Art. 201. Demolición y remoción .....	7
1.3. Art. 210. Excavación de la explanación, canales y préstamos.....	15
1.4. Art. 630. Concreto estructural .....	26
1.5. Art. 640. Acero de refuerzo.....	54
1.6. Art. 673. Subdrenes con geotextil y material granular .....	60
1.7. Art. 674. Drenes horizontales en taludes.....	69
1.8. Art. 681. Gaviones .....	73
1.9. Art. 810. Protección vegetal de taludes .....	83
1.10. Art. 820P. Trinchos en guadua .....	88
1.11. Art. 821P. Micropilotes tipo titán o similar .....	93
1.12. Art. 822P. Empradización .....	103
1.13. Art. 900. Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes .....	105

## 0. Introducción

### 0.1. Objeto

El objeto del presente documento consiste en la recopilación de las especificaciones técnicas de diseño y construcción aplicables durante la construcción de la Etapa I del Proyecto, complementándolas en su caso.

Este documento forma parte del Producto Entregable N.º 6 del Componente 1, Fase I del Contrato, conforme con la estructuración del Aeropuerto del Café (Palestina, Caldas).

### 0.2. Alcance

Informe de recopilación de especificaciones técnicas de construcción del Proyecto para el Aeropuerto del Café (Palestina, Caldas), en su Etapa I.

### 0.3. Metodología

Para lograr el objetivo propuesto, se ha llevado a cabo la recopilación y revisión de las especificaciones técnicas de los diseños existentes que forman la Etapa I del Proyecto. Cabe indicar que los diseños fueron realizados por varios diseñadores, en diferentes años y sobre un alcance que en algún caso puede diferir con la Etapa I del Proyecto.

Así, la validación de las especificaciones técnicas se ha llevado a cabo cuando previamente han sido desarrolladas en el diseño correspondiente, y el alcance de éste se corresponde, en líneas generales, con la Etapa I del Proyecto.

En tal caso, se comprueba la correspondencia de las especificaciones técnicas con las partidas presupuestarias y su adecuación a la normativa técnica aplicable. Puntualmente se realizan modificaciones por parte UT AERTEC-KPMG para adecuar el diseño al alcance definitivo, consistentes en la eliminación, modificación y/o adición de especificaciones técnicas. Cuando así ocurre, este hecho es resaltado al final de la especificación técnica correspondiente, *mediante texto en cursiva*.

En caso contrario, se indica la necesidad de completar los diseños para su adecuada definición.

A continuación, se relacionan las especificaciones técnicas correspondientes a cada uno de los diseños, enumerados según se muestran en el presupuesto.

## 1. Explanación del terreno y conformación de franja de pista

### 1.0. Generalidades

Las especificaciones bajo las cuales se ejecutarán las obras objeto de este contrato se citan en los lugares correspondientes. Donde se mencionen especificaciones o normas de diferentes entidades o instituciones se entiende que se aplicará la última versión o revisión de dichas normas.

Las recomendaciones específicas para cada una de las obras y actividades se presentan dentro de las especificaciones respectivas.

Estas especificaciones, cuyo marco legal se presenta a continuación, están sujetas al otorgamiento por parte del Ministerio del Medio Ambiente de la licencia ambiental para la construcción del Proyecto Aeropuerto de Palestina y a los requerimientos de dicho Ministerio en relación con el Estudio de Impacto Ambiental.

La legislación colombiana en materia de protección ambiental cuenta con leyes, decretos y reglamentos que enmarcan las actividades que pueden afectar el medio ambiente y soportan desde el punto de vista legal y técnico, las acciones dirigidas a la protección de los recursos naturales.

#### 1.1. Art. 200. Desmonte y limpieza

ART. 200	DESMONTE Y LIMPIEZA	UD
200.1	DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE (INCLUYE RETIRO)	HA
200.2	DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS (INCLUYE RETIRO)	HA

##### 1.1.1. Descripción

###### Generalidades

Este trabajo consiste en el desmonte y limpieza del terreno natural en las áreas que ocuparán las obras del proyecto vial y las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, que se encuentren cubiertas de rastrojo, maleza, bosque, pastos, cultivos, etc., incluyendo la remoción de tocones, raíces, escombros y basuras, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los demás trabajos.

El trabajo incluye, también, la disposición final dentro o fuera de la zona del proyecto, de todos los materiales provenientes de las operaciones de desmonte y limpieza, previa autorización de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, atendiendo las normas y disposiciones legales vigentes.

###### Clasificación

El desmonte y limpieza se clasificará de acuerdo con los siguientes criterios:

###### Desmonte y limpieza en bosque

Comprende la tala de árboles, remoción de tocones, desraíce y limpieza de las zonas donde la vegetación se presenta en forma de bosque continuo.

### **Desmonte y limpieza en zonas no boscosas**

Comprende el desraíce y la limpieza en zonas cubiertas de pastos, rastrojo, maleza, escombros, cultivos y arbustos.

También comprende la remoción total de árboles aislados o grupos de árboles dentro de superficies que no presenten características de bosque continuo.

#### **1.1.2. Materiales**

Los materiales obtenidos como resultado de la ejecución de los trabajos de desmonte y limpieza se dispondrán de acuerdo con lo establecido en el presente capítulo de las especificaciones.

#### **1.1.3. Equipo**

El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de desmonte y limpieza deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere la aprobación previa de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, teniendo en cuenta que su capacidad y su eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de esta especificación.

#### **1.1.4. Ejecución de los trabajos**

### **Desmonte y limpieza**

Los trabajos de desmonte y limpieza se deberán efectuar en todas las zonas señaladas en los planos o indicadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y de acuerdo con procedimientos aprobados por éste, tomando las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad satisfactorias. Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo en contrario, dichas zonas deberán abarcar, como mínimo, los siguientes límites:

<b>ZONA</b>	<b>LÍMITE DE DESMONTE</b>
Áreas de fundación de terraplenes	Hasta 1.00 m más afuera del pie del terraplén
Áreas de excavación	Hasta 1.00 m más afuera de los bordes superiores
Fajas de emplazamiento de canales, zanjas y otras obras de drenaje	Hasta 0.50 m más afuera de las líneas de borde
Áreas de excavación para fundaciones de estructuras	Hasta 1.00 m más afuera de las líneas
Áreas de emplazamiento de las cercas que delimitan la faja de derecho de vía	En 1.00 m de ancho
Áreas de cauce de escurrimientos naturales	Toda el área dentro de los límites definidos por el proyecto

Por ningún motivo se permitirá el procedimiento de desmonte mediante quema, así sea controlada. Tampoco se permitirá el uso de herbicidas sin previo permiso de la autoridad ambiental competente.

Para evitar daños en las propiedades adyacentes o en los árboles que deban permanecer en su lugar, se procurará que los árboles que han de ser derribados caigan en el centro de la zona objeto de limpieza, troceándolos por su copa y tronco progresivamente, cuando así lo exija la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Las ramas de los árboles que se extiendan sobre el área que, según el proyecto, vaya a estar ocupada por la corona de la vía o pista, deberán ser cortadas o podadas para dejar un claro mínimo de seis metros (6 m), a partir del borde de la superficie de la misma.

### Remoción de tocones y raíces

En aquellas áreas donde se deban efectuar trabajos de excavación, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deberán ser removidos hasta una profundidad no menor de sesenta centímetros (60 cm), contados desde la superficie subrasante del proyecto.

En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de contención o drenaje, los tocones, raíces de más de diez centímetros (10 cm) de diámetro y demás materiales inconvenientes, se deberán eliminar hasta una profundidad no menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo de la superficie que se deba descubrir de acuerdo con las necesidades del proyecto y a juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, se podrán cortar a ras del suelo.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con el suelo que haya quedado al descubierto al hacer la limpieza y éste se conformará y apisonará hasta obtener un grado de compactación similar al del terreno adyacente y hasta que la superficie se ajuste a la del terreno circundante.

### Descapote

El volumen de la capa vegetal que se remueva al efectuar el desmonte y la limpieza no deberá ser incluido dentro del trabajo objeto del presente Artículo. Dicho trabajo se encontrará cubierto por el Artículo 210.

### Remoción y disposición de materiales

Los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento, deberán ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los que deberán ser apilados debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El resto de los materiales provenientes del desmonte y la limpieza deberá ser retirado del lugar de los trabajos y transportado y depositado en los lugares establecidos en los planos del proyecto o señalados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, donde dichos materiales deberán ser enterrados convenientemente, extendiéndose en capas dispuestas de forma que se reduzca al mínimo la formación de huecos. Cada capa se deberá cubrir o mezclar con suelo para rellenar los posibles huecos, y sobre la capa superior se deben extender al menos treinta centímetros (30 cm) de suelo compactado adecuadamente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos al descubierto. Estos materiales no se extenderán en zonas donde se prevean afluencias apreciables de agua.

### Orden de las operaciones

Los trabajos de desmonte y limpieza se deben efectuar con anterioridad al inicio de las operaciones de explanación. En cuanto dichos trabajos lo permitan, y antes de disturbar con maquinaria la capa vegetal, se deberán levantar secciones transversales del terreno original, las cuales servirán para determinar los volúmenes de la capa vegetal y del movimiento de tierra.

Si después de ejecutados el desmonte y la limpieza, la vegetación vuelve a crecer por motivos imputables al CONSTRUCTOR, éste deberá efectuar una nueva limpieza, a su costa, antes de realizar la operación constructiva subsiguiente.

## Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de desmonte y limpieza se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el CONSTRUCTOR garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el CONSTRUCTOR no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

## Manejo ambiental

Cuando la autoridad competente lo permita, la materia vegetal inservible y los demás desechos del desmonte y limpieza se podrán quemar en un momento oportuno y de una manera apropiada para prevenir la propagación del fuego. El CONSTRUCTOR será responsable tanto de obtener el permiso para la quema, como de cualquier conflagración que resulte de dicho proceso.

Por ningún motivo se permitirá que los materiales de desecho se incorporen en la construcción de los terraplenes, ni disponerlos a la vista en las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, ni en sitios donde puedan ocasionar perjuicios ambientales.

Tampoco se permitirá el uso de explosivos para la remoción de la vegetación.

### 1.1.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

#### Controles

Durante la ejecución de los trabajos, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar que el CONSTRUCTOR disponga de todos los permisos requeridos.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el CONSTRUCTOR.
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos aplicados por el CONSTRUCTOR.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que la disposición de los materiales obtenidos de los trabajos de desmonte y limpieza se ajuste a las exigencias de la presente especificación y todas las disposiciones legales vigentes.
- Medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo con esta especificación.
- Señalar todos los árboles que deban quedar de pie y ordenar las medidas para evitar que sean dañados.

El CONSTRUCTOR aplicará las acciones y los procedimientos constructivos recomendados en los respectivos estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, y la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ velará por su cumplimiento.

## Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

La actividad de desmonte y limpieza se considerará terminada cuando la zona quede despejada para permitir que se continúe con las siguientes actividades de la construcción. Para efectos de medida y pago, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ únicamente controlará las zonas donde el desmonte y la limpieza se realicen en una longitud no mayor de un kilómetro (1 km) adelante del frente de la explanación.

### 1.1.6. Medida

La unidad de medida del área desmontada y limpiada será la hectárea (Ha), en su proyección horizontal, aproximada al décimo de hectárea, de área desmontada y limpiada satisfactoriamente, dentro de las zonas señaladas en los planos o autorizadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Cuando el cómputo de la fracción centesimal del área desmontada y limpiada resulte mayor o igual a cinco centésimas hectárea ( $\geq 0.05$  Ha), la aproximación a la décima se realizará por exceso y si resulta menor de cinco centésimas de hectárea ( $< 0.05$  Ha), la aproximación se realizará por defecto. No se incluirán en la medida las áreas correspondientes a las calzadas de vías existentes.

Tampoco se medirán las áreas desmontadas y limpiadas en zonas de préstamos o de canteras y otras fuentes de materiales que se encuentren localizadas fuera de la zona del proyecto, ni aquellas que el CONSTRUCTOR haya despejado por conveniencia propia, tales como vías de acceso, vías para acarreos, campamentos, instalaciones o depósitos de materiales.

### 1.1.7. Forma de pago

El pago del desmonte y limpieza se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a plena satisfacción por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio deberá cubrir todos los costos de desmontar, destroncar, desraizar, rellenar y compactar los huecos de tocones; y disponer los materiales sobrantes de manera uniforme en los sitios aprobados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. El precio unitario deberá cubrir, además, el cargue, transporte y descargue y debida disposición de estos materiales, así como la mano de obra, herramientas, equipo necesario para la ejecución de los trabajos, la obtención de todos los permisos requeridos y los costos de administración, imprevistos y utilidad del CONSTRUCTOR.

El pago por concepto de desmonte y limpieza se hará independientemente del correspondiente a la excavación o el descapote en los mismos sitios, aun cuando los dos trabajos se ejecuten en una sola operación. El descapote se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos", ítem Excavación en material común.

## ÍTEM DE PAGO

200.1 Desmonte y limpieza en bosque Hectárea (Ha)

200.2 Desmonte y limpieza en zonas no boscosas Hectárea (Ha)

*Se ha realizado modificación en la especificación original, y resaltado el cambio en verde, a fin de que el documento tenga una coherencia puesto que los numerales de las especificaciones han variado al integrarlas en un único documento (ejemplo: lo establecido en el numeral 2.4 del presente Artículo; se ha modificado por "en el presente capítulo de las especificaciones").*

## 1.2. Art. 201. Demolición y remoción

Este trabajo consiste en la demolición total o parcial de estructuras o edificaciones existentes en las zonas que indiquen los documentos del proyecto, y la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición final de los materiales provenientes de la demolición, en las áreas aprobadas por ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Incluye, también, el retiro, cambio, restauración o protección de las instalaciones de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del proyecto, así como el manejo, desmontaje, traslado y el almacenamiento de estructuras existentes; la remoción de cercas de alambre, de especies vegetales y otros obstáculos; incluye también el suministro, colocación y conformación del material de relleno para zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, de acuerdo con los planos y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### Clasificación

La demolición total o parcial y la remoción de estructuras y obstáculos se clasificarán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Demolición de estructuras existentes
- Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas
- Remoción de especies vegetales
- Remoción de cercas de alambre
- Remoción de obstáculos
- Remoción de ductos de servicios existentes
- Traslado de postes y torres
- Remoción de defensas metálicas y barreras de seguridad

### 1.2.2. Materiales

Los materiales provenientes de la demolición que, a juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, sean aptos para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas del proyecto, se deberán utilizar para este fin.

El material que suministre el CONSTRUCTOR para el relleno de las zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, deberá tener la aprobación previa de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### 1.2.3. Equipo

Los equipos que emplee el CONSTRUCTOR en esta actividad deberán tener la aprobación previa de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y ser suficientes para garantizar el cumplimiento de esta especificación y del programa de trabajo.

Cuando las circunstancias lo ameriten, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ podrá autorizar el uso de explosivos, asumiendo el CONSTRUCTOR la responsabilidad de cualquier daño causado por un manejo incorrecto de ellos.

Para remover estructuras, especies vegetales, obstáculos, cercas y conducciones de servicios y demás elementos considerados en el presente Artículo, se deberán utilizar equipos que no les produzcan daño, de acuerdo con procedimientos aprobados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### 1.2.4. Ejecución de los trabajos

##### Generalidades

El CONSTRUCTOR no podrá iniciar la demolición de estructuras sin la elaboración previa de un estudio de demolición en el cual se deberán definir como mínimo:

- Métodos de demolición y etapas de su aplicación.
- Estabilidad de las construcciones remanentes en cada etapa, así como los armazones y cimbras necesarios.
- Estabilidad y protección de construcciones remanentes que no vayan a ser demolidas.
- Protección de las construcciones e instalaciones del entorno.
- Mantenimiento o sustitución provisional de servicios afectados por la demolición.
- Medios de evacuación y definición de zonas de vertido de los productos de la demolición.
- Cronogramas de trabajos.
- Pautas de control.
- Medidas de seguridad y salud.

El estudio se someterá a revisión de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, quien lo aprobará cuando lo considere adecuado, indicando en la aprobación los métodos aceptados. Tal autorización no exime al CONSTRUCTOR de su responsabilidad por las operaciones aquí señaladas, ni del cumplimiento de estas especificaciones y de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud y de transporte y almacenamiento de los productos de la construcción; así como de las demás condiciones pertinentes establecidas en los documentos del contrato.

El CONSTRUCTOR será responsable de todo daño causado, directa o indirectamente, a las personas, así como a redes de servicios públicos, o propiedades cuya destrucción o menoscabo no estén previstos en los planos, ni sean necesarios para la ejecución de los trabajos contratados.

El CONSTRUCTOR, de acuerdo con las disposiciones vigentes, deberá colocar señales y luces que indiquen, durante el día y la noche, los lugares donde se realicen trabajos de demolición o remoción y será responsable de mantener la vía transitable, cuando ello se requiera.

Los trabajos se deberán efectuar en tal forma que produzcan la menor molestia posible a los habitantes de las zonas próximas a la obra y a los usuarios de la vía materia del contrato, cuando ésta permanezca abierta al tránsito durante la construcción.

Si los trabajos implican la interrupción de los servicios públicos (energía, cable, gas, teléfono, acueducto, alcantarillado), conductos de combustible, etc. el CONSTRUCTOR deberá coordinar y colaborar con las entidades encargadas del mantenimiento de tales servicios, para que las interrupciones sean mínimas.

Cuando se utilicen explosivos, se deberá llevar un registro detallado de su clase, proveedor, existencias y consumo, así como de los demás accesorios requeridos; y se confiará a personas experimentadas su uso, manejo y almacenamiento, de manera que se sujeten a las leyes y reglamentos de las entidades que los controlan. Si la demolición aconseja el uso de explosivos, pero éstos no sean admisibles por su impacto ambiental, se deberá recurrir a técnicas alternativas tales como la fracturación hidráulica o el uso de cemento expansivo.

Al finalizar cada jornada de trabajo no deberán quedar elementos de la obra en estado inestable o peligroso.

Todos los procedimientos aplicados en el desarrollo de los trabajos de demolición y remoción deberán ceñirse a las exigencias del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y a las del Código Colombiano de Construcciones Sismo- Resistentes.

## **Demolición total o parcial de estructuras existentes**

### **Demolición de edificaciones**

Se refiere al derribo parcial o total de las casas o edificios, incluyendo cimientos y otros bienes que sea necesario eliminar para el desarrollo de los trabajos del proyecto, de acuerdo con lo que indiquen los planos o las especificaciones particulares.

El CONSTRUCTOR deberá proteger las edificaciones y estructuras vecinas a las que se han de demoler y construirá las defensas necesarias para su estabilidad y protección; tomará las medidas indispensables para la seguridad de personas y especies animales y vegetales que puedan ser afectadas por los trabajos.

Los cimientos de las edificaciones que se vayan a demoler se deberán romper y remover, hasta una profundidad mínima de treinta centímetros (30 cm) por debajo de los niveles en que hayan de operar los equipos de compactación en los trabajos de explanación o construcción de bases y estructuras del proyecto. En los sótanos, se deberá retirar todo escombros o material objetable, eliminando también los tabiques interiores u otros elementos de la edificación, de acuerdo con las indicaciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Si la edificación tiene instalaciones de servicios públicos, sus acometidas deberán ser neutralizadas, en acuerdo con las entidades administradoras o propietarias de las mismas. Posteriormente, las conexiones, así como los pozos sépticos u obras similares, deberán ser removidas y las zanjas resultantes se rellenarán con material adecuado, previamente aprobado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Las cavidades o depresiones resultantes de los trabajos de demolición se deberán rellenar hasta el nivel del terreno circundante y si éstas se encuentran dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se deberá compactar de acuerdo con los requisitos aplicables del Artículo 220, "Terraplenes".

### **Demolición de puentes, alcantarillas y otras estructuras**

Cuando estas estructuras se encuentren en servicio para el tránsito público, el CONSTRUCTOR no podrá proceder a su demolición hasta cuando se hayan efectuado los trabajos necesarios para no interrumpir el tránsito. El diseño y la construcción de las obras provisionales destinadas a mantener el servicio y el tránsito, serán de cargo y responsabilidad del CONSTRUCTOR.

A menos que los documentos del proyecto establezcan otra cosa o que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ lo autorice de manera diferente, las infraestructuras existentes deberán ser demolidas hasta el fondo natural o lecho del río o quebrada, y las partes que se encuentren fuera de la corriente se deberán demoler hasta por lo menos treinta centímetros (30 cm) más abajo de la superficie natural del terreno. Cuando las partes de la estructura existente se encuentren dentro de los límites de construcción de la

nueva estructura, dichas partes se deberán demoler hasta donde sea necesario, para permitir la construcción de la estructura proyectada.

Los cimientos y otras estructuras subterráneas deberán ser demolidas hasta las siguientes profundidades mínimas: en áreas de excavación, un metro (1 m) por debajo de la superficie subrasante proyectada; en áreas que se vayan a cubrir con terraplenes de un metro (1 m) o menos, un metro (1 m) por debajo de la subrasante proyectada; y en áreas que se vayan a cubrir con terraplenes de más de un metro (1 m) de altura, no es necesario demoler la estructura más abajo del nivel del terreno natural, salvo que los documentos del proyecto presenten una indicación diferente.

Cuando se deba demoler parcialmente una estructura que forme parte del proyecto, los trabajos se efectuarán de tal modo que sea mínimo el daño a la parte de la obra que se vaya a utilizar posteriormente. Los bordes de la parte utilizable de la estructura deberán quedar libres de fragmentos sueltos y listos para empalmar con las ampliaciones proyectadas.

Las demoliciones de estructuras se deberán efectuar con anterioridad al comienzo de la nueva obra, salvo que el pliego de condiciones o los documentos del proyecto lo establezcan de otra manera.

### **Demolición de pavimentos rígidos, pisos y andenes de concreto y bordillos**

Los pavimentos rígidos, andenes y bordillos de concreto, bases de concreto y otros elementos cuya demolición esté prevista en los documentos del proyecto, deberán ser demolidos con equipos apropiados y removidos en fracciones de tamaño adecuado, para que puedan ser utilizados en la construcción de rellenos o disponer de ellos como sea autorizado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. En caso de utilizar equipo pesado, el trabajo se deberá suspender a una distancia prudente para no causar daños a las estructuras que seguirán en servicio.

En caso de que resultara dañada o removida una superficie mayor que la contemplada, será de cargo y costo del CONSTRUCTOR la reposición de ella a entera satisfacción de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

En el caso de pavimentos rígidos se deberá considerar que la demolición y remoción tiene que extenderse hasta lograr que resulten juntas transversales coincidentes con el carril adyacente.

Las áreas donde se remuevan andenes deberán ser mantenidas libres de escombros, con el objetivo de que la circulación de los peatones permanezca expedita y segura.

Cuando los productos de demolición se usen en la construcción de rellenos, el tamaño máximo de cualquier fragmento no deberá exceder de dos tercios ( $2/3$ ) del espesor de la capa en la cual se vaya a colocar. En ningún caso, el volumen de los fragmentos deberá exceder de veintiocho decímetros cúbicos ( $28 \text{ dm}^3$ ), debiendo ser apilados en los lugares indicados en los planos del proyecto o en las especificaciones particulares, a menos que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ autorice otro lugar.

### **Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas**

Comprende la identificación, clasificación y marca de todos los elementos de las estructuras metálicas, en concordancia con los planos de taller previamente elaborados por el CONSTRUCTOR, para facilitar su utilización posterior, y su desmontaje y traslado al sitio de almacenamiento o nuevo montaje, de acuerdo con lo indicado por los documentos del proyecto, a satisfacción de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El retiro de toda alcantarilla que deba ser quitada, se hará cuidadosamente y tomando las precauciones necesarias para evitar que se maltrate o rompa. La alcantarilla que vaya a ser colocada nuevamente, deberá ser trasladada y almacenada cuando sea necesario, para evitar pérdidas o daños, antes de ser

instalada de nuevo. El CONSTRUCTOR deberá reponer, a su costa, todo tramo de alcantarilla que se extravíe o dañe, si ello obedece a descuido de su parte.

### **Remoción de especies vegetales**

Se refiere al traslado de especies vegetales a los lugares señalados por las entidades encargadas de su protección y conservación.

Comprende la identificación, clasificación y marca de las especies por trasladar, según selección realizada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ en acuerdo con la autoridad ambiental competente; además, la remoción, traslado, preparación de la nueva localización y colocación de los especímenes, conforme a lo indicado en los documentos del proyecto o las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Su manejo deberá ser realizado de tal forma que los árboles o arbustos no sufran daño alguno.

### **Remoción de cercas de alambre**

El CONSTRUCTOR deberá remover, trasladar y reinstalar las cercas de alambre en los nuevos emplazamientos, cuando ello esté considerado en los documentos del proyecto o lo señale la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. El traslado se deberá realizar evitando maltratos innecesarios a las partes que sean manipuladas o transportadas. Si la reinstalación no está prevista, los elementos removidos se ubicarán en los sitios que defina la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El relleno de los espacios dejados por los postes removidos y que no sean ocupados por las obras proyectadas, se realizará con un material similar al circundante.

### **Remoción de obstáculos**

Según se muestre en los planos o en las especificaciones particulares, el CONSTRUCTOR deberá eliminar, retirar o recolocar obstáculos individuales tales como postes de kilometraje, señales, monumentos y otros. Cuando ellos no se deban remover, el CONSTRUCTOR deberá tener especial cuidado, a efecto de protegerlos contra cualquier daño y proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los documentos citados o sean autorizadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### **Remoción de ductos de servicios existentes**

El CONSTRUCTOR deberá retirar, cambiar, restaurar o proteger contra cualquier daño, las conducciones de servicios públicos o privados existentes según se contemple en los planos del proyecto o las especificaciones particulares.

Ningún retiro, cambio o restauración se deberá efectuar sin la autorización escrita de la entidad afectada y se deberán seguir las indicaciones de ésta con especial cuidado y tomando todas las precauciones necesarias para que el servicio no se interrumpa o, si ello es inevitable, reduciendo la interrupción al mínimo tiempo necesario para realizar el trabajo, a efecto de causar las menores molestias a los usuarios.

Cuando el trabajo consista en protección, el CONSTRUCTOR deberá proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los planos o en las especificaciones particulares o que sean autorizadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Cuando la entidad afectada estime que debido al estado en el cual se encuentra el ducto, resulta imposible obtener partes recuperables del mismo, el CONSTRUCTOR procederá a su demolición.

### **Traslado de postes y torres**

Cuando los documentos del proyecto lo prevean y su traslado esté debidamente aprobado por la entidad afectada, el CONSTRUCTOR procederá a gestionar la remoción, traslado y reinstalación de postes y torres de servicio eléctrico, telefónico y otros existentes.

Esta actividad incluye, también, la demolición de los soportes de dichos elementos que se conviertan en obstáculos para las obras del proyecto, así como la remoción y transporte a sitios de desecho de todos los postes que no sean reutilizables.

El CONSTRUCTOR deberá solicitar al propietario o concesionario correspondiente, realizar las modificaciones necesarias de las instalaciones con la debida anticipación. Los traslados de las instalaciones serán ejecutados directamente por el propietario o por el concesionario de la instalación o por quién él autorice de manera expresa. Los costos de las gestiones y traslados serán reconocidos al CONSTRUCTOR al precio unitario del contrato. El CONSTRUCTOR será el único responsable ante el propietario o concesionario correspondiente, o ante la persona a quien hayan autorizado expresamente para llevar a cabo los traslados, por las erogaciones en que incurran para la realización de dichos traslados.

### **Remoción de defensas metálicas y barreras de seguridad de hormigón**

La remoción de estos elementos se deberá realizar empleando procedimientos que eviten todo daño innecesario o no previsto. Las defensas se deberán desarmar cuidadosamente y, a continuación, el CONSTRUCTOR procederá a excavar alrededor de los postes que las sustentaban, de manera de poder retirarlos sin producirles ningún daño.

Si el proyecto contempla la rehabilitación y reinstalación de los elementos retirados, será de responsabilidad del CONSTRUCTOR su traslado, almacenamiento, limpieza y cuidado hasta el momento de su nueva reinstalación, actividades cuyo costo se deberá encontrar incluido dentro del precio unitario de esta partida de trabajo. Si la reinstalación no está prevista, el CONSTRUCTOR deberá trasladar y almacenar los elementos donde lo señalen los documentos del proyecto o la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Todos los orificios dejados por las remociones que no vayan a ser ocupados por las obras del proyecto deberán ser rellenados por el CONSTRUCTOR, con un material igual al circundante.

### **Disposición de los materiales**

A juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y de acuerdo con sus instrucciones al respecto, los materiales de las edificaciones o estructuras demolidas, que sean aptos y necesarios para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas laterales del proyecto, se deberán utilizar para ese fin. Salvo que los documentos del proyecto contemplen lo contrario, todos los demás materiales provenientes de estructuras demolidas quedarán de propiedad del CONSTRUCTOR, quien deberá trasladarlos o disponerlos fuera de la zona de la vía, en un lapso no mayor a 24 horas después de efectuada la demolición, con procedimientos adecuados y en los sitios aprobados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Los elementos que deban ser almacenados según lo establezcan los planos o las especificaciones particulares, se trasladarán al sitio establecido en ellos y se dispondrán de la manera que resulte apropiada para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Los elementos que deban ser relocalizados se deberán trasladar al sitio de nueva ubicación que indiquen los planos, donde se montarán de manera que se garantice su correcto funcionamiento.

### **Limitaciones en la ejecución**

Los trabajos de demolición y remoción se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, o se deban evitar horas pico de tránsito público, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el CONSTRUCTOR garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el CONSTRUCTOR no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

### **Manejo ambiental**

Todas las labores de demolición, remoción y disposición de materiales se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

#### **1.2.5. Condiciones para el recibo de los trabajos**

##### **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar que el CONSTRUCTOR disponga de todos los permisos requeridos.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el CONSTRUCTOR.
- Identificar todos los elementos que deban ser demolidos o removidos.
- Señalar los elementos que deban permanecer en el sitio y ordenar las medidas para evitar que ellos sean dañados.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos adoptados por el CONSTRUCTOR.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Medir los volúmenes de trabajo ejecutado por el CONSTRUCTOR de acuerdo con la presente especificación.

##### **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ considerará terminados los trabajos de demolición y remoción cuando la zona donde ellos se hayan realizado quede despejada, de manera que permita continuar con las otras actividades programadas, y los materiales sobrantes hayan sido adecuadamente dispuestos de acuerdo con lo que establece la presente especificación.

En general, en caso de que por el uso de procedimientos inadecuados resultara dañado o removido cualquier elemento que no esté contemplado en el proyecto, será de cargo y costo del CONSTRUCTOR la reposición de éste a entera satisfacción de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### 1.2.6. Medida

La medida para la demolición y remoción, ejecutada de acuerdo con los planos, la presente especificación, y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, se hará de acuerdo con las siguientes modalidades:

**a** Global (gl), en cuyo caso no se harán mediciones.

**b** Por unidad completa (u), cuando se trate de demolición de obstáculos, edificaciones, puentes, alcantarillas y otras estructuras o remoción de estructuras metálicas, especies vegetales, obstáculos, postes y torres.

**c** Por kilogramo (kg) aproximado al entero, en cuanto se trate del desmontaje y traslado de estructuras metálicas.

**d** Por metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al entero, en el caso de demolición de estructuras, cuando su tipo permita la cuantificación en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

**e** Por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al entero, en el caso de demolición de pavimentos rígidos, andenes de concreto y pisos. En este caso, la medida de la estructura se efectuará antes de destruirla.

**f** Por metro lineal (m), aproximado al entero, cuando se trate de la demolición de bordillos y del retiro de estructuras tales como alcantarillas, cercas de alambre, ductos de servicios existentes, defensas metálicas, barreras de seguridad, rieles y otros obstáculos que sean susceptibles de ser medidos por su longitud.

En el caso de que la medida sea por kilogramo, metro lineal, metro cuadrado o metro cúbico, si la fracción decimal es mayor o igual a cinco décimas ( $\geq 0.5$ ), la aproximación al entero se hará por exceso y si es menor a cinco décimas ( $< 0.5$ ) la aproximación al entero se hará por defecto.

### 1.2.7. Forma de pago

El pago se hará a los precios unitarios respectivos, estipulados en el contrato según la unidad de medida, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, explosivos, asesoría, equipo, herramientas, materiales, apuntalamientos, andamios, obras para la protección de terceros; las operaciones necesarias para efectuar las demoliciones y para hacer los desmontajes, planos, separación de materiales aprovechables, cargue y transporte de éstos al lugar de depósito, descargue y almacenamiento; remoción, traslado y siembra de especies vegetales; traslado y reinstalación de obstáculos y cercas de alambre; traslado, cambio, restauración o demolición de conducciones de servicios existentes; cargue de materiales desechables, transporte y descargue en el sitio de disposición final, de acuerdo con lo señalado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá incluir, además, la protección de aquellos elementos que, aunque se encuentren en la zona de los trabajos, no deban ser removidos.

La reinstalación de estructuras metálicas y tubos de alcantarillas no se encuentran cubiertas por el presente Artículo.

El precio unitario del traslado de postes o torres deberá incluir los costos de las gestiones ante los propietarios o concesionarios de servicios que deban realizar dichos traslados.

El CONSTRUCTOR deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio de utilización.

En los casos en que no se autorice el uso de explosivos el precio unitario deberá considerar el suministro y aplicación de los productos alternativos.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos por concepto de la excavación para la demolición y remoción y por el suministro, conformación y compactación del

material para relleno de todas las cavidades resultantes; la señalización temporal requerida y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados, así como los costos de administración, imprevistos y utilidad del CONSTRUCTOR.

El pago por la remoción de especies vegetales será cubierto por esta especificación y no por el Artículo 200, "Desmonte y limpieza".

### ÍTEM DE PAGO

201.7 Demolición de estructuras Metro cúbico (m3)

201.16 Remoción de cercas de alambre (incluye retiro) (m)

*Se ha realizado modificación en la especificación original, y resaltado el cambio en verde, a fin de que el documento tenga una coherencia puesto que los numerales de las especificaciones han variado al integrarlas en un único documento. Se ha incluido el segundo ítem de pago (201.16) en el epígrafe correspondiente.*

## 1.3. Art. 210. Excavación de la explanación, canales y préstamos

ART. 210	EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS	UD
210.1.1	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES	M3
210.2.1	EXCAVACIÓN EN ROCA SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES	M3
210.2.2	EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES	M3

### 1.3.1. Descripción

#### Generalidades

Este trabajo consiste en el conjunto de las actividades de excavar, remover, cargar, transportar hasta el límite de acarreo libre y colocar en los sitios de disposición o desecho, los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación, canales y préstamos, indicados en los planos y secciones transversales del proyecto, con las modificaciones que ordene la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Comprende, además, la excavación y remoción de la capa vegetal o descapote y de otros materiales blandos, orgánicos y objetables, en las áreas donde se hayan de realizar las excavaciones de la explanación y terraplenes.

## Definiciones

### **Excavación de la explanación**

El trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas donde ha de fundarse la pista o carretera, incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación de la subrasante en corte.

Incluye, además, las excavaciones necesarias para el ensanche o modificación del alineamiento horizontal o vertical de calzadas existentes.

### **Excavación de canales**

El trabajo comprende las excavaciones necesarias para la construcción de canales, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares existentes y de cauces naturales.

### **Excavación en zonas de préstamo**

El trabajo comprende el conjunto de las actividades para explotar los materiales adicionales a los volúmenes provenientes de la excavación de la explanación, requeridos para la construcción de los terraplenes o pedraplenes.

## Clasificación

### **Excavación sin clasificar**

Se refiere a los trabajos de excavación de cualquier material sin importar su naturaleza.

### **Excavación clasificada**

#### **(a) Excavación en roca**

Comprende la excavación de masas de rocas fuertemente litificadas que, debido a su buena cementación o alta consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

Comprende, también, la excavación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico (1 m<sup>3</sup>), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

#### **(b) Excavación en material común**

Comprende la excavación de materiales no cubiertos por el numeral anterior, correspondiente a Excavación en roca.

#### **(c) Métodos alternativos para determinar el tipo de material excavado**

Como alternativa de clasificación se podrá recurrir a mediciones de velocidad de propagación del sonido, practicadas sobre el material en las condiciones naturales en que se encuentre, y se considerará material común aquel en que dicha velocidad sea menor a dos mil metros por segundo (2.000 m/s) y roca, cuando sea igual o superior a este valor.

Se aceptará como criterio para determinar el horizonte de roca cuando la dureza y el fracturamiento no permitan efectuar faenas de remoción con equipos mecánicos. Esta dificultad se determinará directamente cuando una máquina del tipo bulldozer con una potencia mínima de 410 HP y peso mínimo de 48.500 kg o una retroexcavadora con una

potencia mínima de 217 HP y peso mínimo de 30.200 kg, empleadas a su máxima potencia sean incapaces de remover el material. La utilización de uno u otro equipo dependerá del espacio disponible para operar y de la forma de la superficie de la roca, prefiriéndose siempre el bulldozer. La operación será efectuada por los dientes de la retroexcavadora o el ripper del bulldozer en presencia de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Una vez comprobado por las partes lo expuesto, se procederá a dejar constancia de la situación en el Libro de Obra.

### **1.3.2. Materiales**

Los materiales provenientes de la excavación de la explanación y de canales se utilizarán, si reúnen las calidades exigidas, en la construcción de las obras de acuerdo con los usos fijados en los documentos del proyecto o determinados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. El CONSTRUCTOR no podrá desechar materiales ni retirarlos para fines distintos a los del contrato, sin la autorización previa de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Los materiales provenientes de la excavación que presenten características adecuadas para uso en la construcción de la vía, serán reservados para colocarlos posteriormente.

Los materiales de excavación que no sean utilizables deberán ser colocados, de acuerdo con las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, en zonas de disposición o desecho aprobadas por éste.

Los materiales adicionales que se requieran para las obras se extraerán de las zonas de préstamo aprobadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y deberán cumplir con las características establecidas en las especificaciones correspondientes.

### **1.3.3. Equipo**

El CONSTRUCTOR propondrá, para consideración de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar, los cuales no deberán producir daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

### **1.3.4. Ejecución de los trabajos**

#### **Excavación de la explanación**

##### **Generalidades**

La excavación de la explanación se deberá ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto o las modificadas por el Interventor.

Los procedimientos constructivos que implemente el Constructor deben contemplar las medidas necesarias para preservar las condiciones de drenaje y la resistencia y la estabilidad del terreno no excavado. Los taludes provisionales deben ser definidos en esos procedimientos por un ingeniero geotecnista.

El Constructor deberá adoptar las medidas necesarias para evitar fenómenos como inestabilidad de taludes en roca o de bloques de la misma, debida a voladuras inadecuadas o deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación.

Las obras de excavación deberán avanzar en forma coordinada con las obras de contención y drenaje del proyecto, tales como muros, alcantarillas, desagües y descoles de cunetas y construcción de filtros. Además, se debe garantizar el correcto funcionamiento del drenaje y controlar fenómenos de erosión e inestabilidad.

La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del proyecto o indicadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Cualquier daño no previsto a una estructura o construcción existente causado por la ejecución de los trabajos de excavación deberá ser asumido por el Constructor, quién deberá reponer el bien a entera satisfacción de su propietario sin costo para el INVÍAS.

En la construcción de terraplenes sobre terreno inclinado o a media ladera, el talud de la superficie existente se deberá cortar en forma escalonada de acuerdo con los planos o las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Las cunetas y bermas se deberán construir de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas especificadas en los planos o modificadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Todo daño posterior a la ejecución de estas obras, causado por negligencia del Constructor, deberá ser subsanado por éste, sin ninguna erogación por parte del Instituto Nacional de Vías.

### **Actividades previas**

Antes de iniciar las excavaciones se deben haber completado y aprobado los trabajos de localización, desmonte, limpieza y demoliciones, así como los de remoción de especies vegetales, cercas de alambre y demás obstáculos que afecten la ejecución de las obras del proyecto.

### **Drenaje de las excavaciones**

El Constructor deberá tomar todas las medidas indispensables para mantener drenadas las excavaciones y demás áreas de trabajo. Se instalarán drenes o zanjas temporales, para interceptar el agua que pudiera afectar la ejecución del trabajo y se utilizarán los equipos necesarios para realizar un control efectivo de la misma.

Será responsabilidad del Constructor todo deterioro que se ocasione en los materiales de la excavación debido a deficiencias en el sistema de drenaje implementado. En este caso, correrán por su cuenta las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en los mismos, sin costo adicional para el INVÍAS.

Antes de iniciar los trabajos de excavación, el Constructor deberá presentar para aprobación por parte del Interventor el plan de drenaje temporal que piensa implementar para evitar que el agua se apoce y deteriore los materiales expuestos, en especial la subrasante del proyecto.

En todo momento, la superficie de la excavación debe tener pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial hacia los elementos de drenaje temporal o definitivo. No debe haber depresiones ni hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales, ni encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras o taludes provisionales excesivos.

Cuando el diseño de los taludes contemple la construcción de bermas o terrazas intermedias, éstas se deberán conformar con pendiente hacia el interior del talud a una cuneta que debe recoger y encauzar las aguas superficiales.

### **Manejo de la subrasante**

#### **(a) Protección de la subrasante**

El Constructor deberá proteger la subrasante en todo momento para evitar su deterioro. Será responsabilidad del Constructor todo deterioro que se ocasione en la subrasante

debido a la falta de implementación de los sistemas adecuados de protección. En este caso, correrán por su cuenta y a su costa las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en la misma.

En especial, deberá llevar a cabo las labores de construcción teniendo en cuenta los siguientes factores, adicionales al tema del drenaje mencionado

**(b) Circulación sobre la subrasante**

El Constructor deberá organizar todos sus trabajos, en especial las labores de excavación, cargue del material excavado y descargue del material por colocar sobre la subrasante, de manera que los equipos no circulen directamente sobre la subrasante y la deterioren. Se exceptúan los casos en que la subrasante esté constituida por materiales que soporten el tráfico de construcción sin deteriorarse; se podrá tomar como guía para calificar el impacto adverso del tráfico temporal sobre la subrasante la presencia de acolchonamientos mayores que 20 mm (deformaciones ante el paso de los vehículos que se pueden observar a simple vista y que se recuperan en todo o en parte cuando el vehículo se aleja), o la ocurrencia de ahuellamientos mayores que 25 mm (deformaciones permanentes en forma de surcos longitudinales que no se recuperan al alejarse los vehículos).

**(c) Pérdida de humedad en la subrasante**

Con el fin de evitar el fisuramiento o la activación de procesos de cambios volumétricos en las subrasantes arcillosas, no se debe permitir que éstas pierdan su humedad natural, salvo en casos específicos en que esta pérdida de humedad se requiera para la adecuada compactación de la misma; por lo tanto, el Constructor deberá tomar las medidas necesarias para prevenir esta pérdida de humedad.

**Compactación de la subrasante**

**(a) Necesidad de compactar la subrasante**

En general, siempre se requiere compactar la subrasante en corte, bien sea que ésta vaya a servir de apoyo a un terraplén o relleno, o a la estructura misma del pavimento. Sin embargo, en algunas ocasiones los documentos del proyecto pueden indicar expresamente que la subrasante no requiere compactación.

En otras ocasiones, los documentos del proyecto pueden prohibir la compactación de la subrasante.

Cuando la subrasante natural sirve directamente como apoyo de la estructura del pavimento, ésta requiere de su compactación en un espesor no menor de 15 cm. Por lo tanto, si los documentos técnicos del proyecto indican que la subrasante natural no requiere compactación o especifican que se prohíbe compactarla, el diseño debe tener previsto al menos una capa de mejoramiento compactada con espesor mínimo de 20 cm (material de aporte sin estabilizar o estabilizado, o estabilización de la parte superior de la subrasante), para ser construida encima de la subrasante natural; si el diseño no prevé esta capa de mejoramiento sobre la subrasante sin compactar, el Interventor podrá ordenar al Constructor su construcción en el espesor que juzgue conveniente, previa excavación de un espesor igual de material de subrasante para conservar las

cotas del proyecto; en este caso, tanto la excavación como la construcción de la capa de mejoramiento se pagarán según los ítems que resulten aplicables.

**(b) Procedimiento de compactación de la subrasante**

Los documentos técnicos del proyecto indicarán la profundidad y el grado de compactación requeridos para la subrasante del proyecto.

Si no lo indican, el procedimiento será, como mínimo, el siguiente: al alcanzar el nivel de subrasante en la excavación, se deberá escarificar en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm), conformar de acuerdo con las pendientes transversales especificadas y compactar, según las exigencias de compactación definidas en el numeral 210.5.2.2 en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm).

En caso de presencia de suelos especiales, como cenizas volcánicas, suelos blandos, suelos expansivos o suelos orgánicos, se deberán atender las indicaciones particulares contenidas en los documentos técnicos del proyecto.

En caso de que al nivel de la subrasante se encuentren suelos expansivos y salvo que los documentos del proyecto o el Interventor determinen lo contrario, la excavación se llevará hasta un metro por debajo del nivel proyectado de subrasante y su fondo no se compactará. Esta profundidad sobreexcavada se rellenará y conformará con material que cumpla las características definidas en el Artículo 220, "Terraplenes". Los setenta centímetros (70 cm) inferiores se rellenarán con un material apropiado para "núcleo" y los treinta centímetros (30 cm) restantes con un material idóneo para "corona".

Un suelo se considerará expansivo de acuerdo con los criterios consignados en la norma de ensayo INV E-132, "Determinación de suelos expansivos".

Si el material encontrado al nivel de subrasante posee características orgánicas, deberá ser removido hasta una profundidad de un metro o hasta que la característica orgánica cese y se escogerá la menor de las dos dimensiones. Los treinta centímetros (30 cm) superiores se rellenarán con un material apropiado para "corona" y los restantes con un material idóneo para "núcleo".

Se considerará que el material posee características orgánicas cuando el contenido de materia orgánica, en masa, supera el dos por ciento (2%) determinado según la norma INV E-121, "Determinación del contenido orgánico en suelos mediante pérdida por ignición".

**Excavaciones en roca**

Los procedimientos, tipos y cantidades de explosivos y equipos que el Constructor proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el Interventor; así como la secuencia y disposición de las voladuras, las cuales deberán proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados. El Constructor garantizará la dirección y la ejecución de las excavaciones en roca, utilizando personal que tenga amplia experiencia en trabajos similares.

La aprobación dada por el Interventor no exime al Constructor de su responsabilidad por los errores y daños que causen las voladuras.

Toda excavación en roca se deberá profundizar quince centímetros (15 cm) por debajo de las cotas de subrasante. Las áreas sobre-excavadas se deben rellenar y conformar con material seleccionado

proveniente de las excavaciones, con material de relleno seleccionado o con material de subbase granular, según lo indiquen los documentos del proyecto o lo apruebe la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Cualquier roca situada en los límites de la excavación, o fuera de ellos, que hubiese sido golpeada, aflojada, o de alguna manera dañada por las voladuras u otras causas, deberá ser removida hasta asegurarse que no queden trozos inestables. No deberán quedar depresiones que dejen zonas colgadas, aunque se presenten firmes a simple vista.

La superficie final de la excavación en roca deberá encontrarse libre de cavidades que permitan la retención de agua y tendrá, además, pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial.

### **Transiciones de corte a terraplén y viceversa**

En estos sitios, la excavación se deberá ampliar hasta que el terraplén penetre en ella en toda su sección. En la transición de corte a terraplén y viceversa se deberán construir escalones, con el ancho adecuado para el correcto trabajo de los equipos de construcción, de tal forma que se eliminen totalmente eventuales planos de contacto inclinados, que constituyan riesgo de inestabilidad en el terraplén. Tales escalones se deberán construir de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### **Ensanche o modificación del alineamiento de calzadas existentes**

En los proyectos de mejoramiento de vías en donde el afirmado existente se ha de conservar, los procedimientos que utilice el CONSTRUCTOR deberán permitir la ejecución de los trabajos de ensanche o modificación del alineamiento, evitando la contaminación del afirmado con materiales arcillosos, orgánicos o vegetales. Los materiales excavados deberán ser cargados y transportados hasta los sitios de utilización o disposición aprobados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Así mismo, el CONSTRUCTOR deberá garantizar el tránsito y conservar la superficie de rodadura existente.

Si el proyecto exige el ensanche del afirmado existente, las fajas laterales se excavarán hasta el nivel de subrasante, dándole a ésta, posteriormente, el tratamiento indicado en el numeral correspondiente.

En las zonas de ensanche de terraplenes, el talud existente se deberá cortar en forma escalonada de acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto y las indicaciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### **Taludes**

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final.

Cuando sea preciso adoptar medidas especiales para la protección superficial del talud, tales como plantaciones superficiales, revestimientos, etc. bien porque estén previstas en el proyecto o porque sean ordenadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, estos trabajos se deberán realizar inmediatamente después de la excavación del talud.

En el caso de que los taludes presenten deterioro antes del recibo definitivo de las obras, el CONSTRUCTOR eliminará los materiales desprendidos o movidos y realizará urgentemente las correcciones complementarias ordenadas por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ. Si dicho

deterioro es imputable a una mala ejecución de las excavaciones, el CONSTRUCTOR será responsable por los daños ocasionados y, por lo tanto, las correcciones se efectuarán a su costa.

### Excavación de canales

La construcción de los canales, zanjas de drenaje, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares y cauces naturales se deberá efectuar de acuerdo con los alineamientos, secciones y cotas indicados en los planos o determinados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. En general, en esta clase de obras la pendiente longitudinal no deberá ser menor de 0.25%, salvo que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ dé una autorización en contrario por escrito. Las excavaciones serán iniciadas por el extremo aguas abajo de la obra.

Toda desviación de las cotas y secciones especificadas, especialmente si causa estancamiento del agua o erosión, deberá ser subsanada por el CONSTRUCTOR, a entera satisfacción de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, y sin costo adicional para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### Disposición de materiales sobrantes provenientes de la excavación

Los materiales sobrantes de la excavación deberán ser colocados de acuerdo con las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y en zonas aprobadas por éste; se usarán de preferencia para el tendido de los taludes de terraplenes o para emparejar las zonas laterales de la vía. Se dispondrán en tal forma que no ocasionen ningún perjuicio al drenaje de la carretera o a los terrenos que ocupen, a la visibilidad en la vía ni a la estabilidad de los taludes o del terreno al lado y debajo de la carretera. Todos los materiales sobrantes se deberán extender y emparejar de tal modo que permitan el drenaje de las aguas alejándolas de la vía, sin estancamiento y sin causar erosión, y se deberán conformar para presentar una buena apariencia.

Cuando los materiales sobrantes no se puedan emplear en las obras del proyecto, se deberán transportar y disponer en vertederos conforme a lo indicado en los planos del proyecto, las especificaciones particulares o las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### Excavación en zonas de préstamo

Los materiales adicionales que se requieran para la terminación de las obras proyectadas o indicadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ se obtendrán mediante el ensanche de las excavaciones del proyecto si ello es posible y está autorizado, o de zonas de préstamo, previamente aprobadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

En la excavación de préstamos se seguirá todo lo pertinente a los procedimientos de ejecución de las excavaciones de la explanación y canales.

### Sobre-excavación

Se considerará como sobre-excavación, el retiro o ablandamiento de materiales, por fuera de los alineamientos o cotas indicados en los planos o aprobados especialmente por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Las sobre- excavaciones no se pagarán y el Constructor estará obligado a ejecutar a su propia costa los rellenos necesarios por esta causa, de acuerdo con las especificaciones y la aprobación de la la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Toda sobre-excavación que haga el Constructor, por negligencia o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, correrá por su cuenta y la la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ podrá suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas. En estos casos, el Constructor

deberá rellenar por su cuenta estas sobre-excavaciones con los materiales y procedimientos adecuados y aprobados por el Interventor de manera que se restauren las condiciones iniciales del sitio.

### Hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico

En caso de algún descubrimiento de ruinas prehistóricas, sitios de asentamientos indígenas o de época colonial, reliquias, fósiles, meteoritos u otros objetos de interés arqueológico, paleontológico o minerales de interés comercial o científico durante la ejecución de las obras, el CONSTRUCTOR tomará de inmediato medidas para suspender transitoriamente los trabajos en el sitio del descubrimiento y notificará a la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, quien dará aviso a la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y a la autoridad oficial que tenga a cargo la responsabilidad de investigar y evaluar dichos hallazgos. El CONSTRUCTOR, a pedido de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, colaborará en su protección.

Cuando la investigación y evaluación de los hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico retrase el avance de la obra, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ deberá efectuar en conjunto con el CONSTRUCTOR, los ajustes pertinentes en el programa de trabajo.

### Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el CONSTRUCTOR deberá limpiar y conformar las zonas laterales de la vía, las de préstamo y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y las indicaciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### Referencias topográficas

Durante la ejecución de la excavación para explanación, canales y préstamos, el CONSTRUCTOR deberá mantener, sin alteración, todas las referencias topográficas y las marcas especiales para limitar las áreas de trabajo.

### Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de excavación de la explanación, canales y préstamos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, o se deban evitar horas pico de tránsito público, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el CONSTRUCTOR garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el CONSTRUCTOR no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

### Manejo ambiental

Todas las labores de excavación de la explanación, canales y préstamos se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

En particular, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Cuando se estén efectuando las excavaciones, se deberá tener cuidado para que no se presenten depresiones y hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales.
- Los materiales sobrantes de las excavaciones se deberán disponer conforme lo establece el numeral correspondiente del presente Artículo.

- Si está previsto el revestimiento vegetal de los taludes con material de descapote, éste se deberá efectuar inmediatamente después de culminada la excavación.
- El material de descapote de las zonas de préstamo deberá ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área excavada, reintegrándolo al paisaje.

### 1.3.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

#### Controles

Durante la ejecución de los trabajos, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ adelantará los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado para la ejecución de los trabajos.
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo
- Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas excavadas
- Comprobar que toda superficie para base de terraplén o subrasante mejorada quede limpia y libre de materia orgánica
- Verificar la compactación del fondo de la excavación, cuando corresponda.

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ verificará que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos.

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ medirá, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el Constructor de acuerdo con la presente especificación.

#### Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### Acabado

El trabajo de excavación se dará por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección estén de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la excavación, no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no deberá variar en más de tres centímetros (3 cm) con respecto a la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota de subrasante podrá superar la cota del proyecto.

Las cotas de fondo de las cunetas, zanjas y canales no deberán diferir en más de tres centímetros (3 cm) de las proyectadas.

##### Compactación del fondo de la excavación

La compactación del fondo de la excavación, en el caso establecido taxativamente en el aparte 4.4.1.1 de esta especificación, se verificará de acuerdo con los criterios establecidos para la corona de terraplenes en el Artículo 220, "Terraplenes", de este documento.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el CONSTRUCTOR, a su costa, a plena satisfacción de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### 1.3.6. Medida

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al metro cúbico completo, de material excavado en su posición original. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Todas las excavaciones para explanación, canales y préstamos serán medidas por volumen ejecutado, con base en las áreas de corte de las secciones transversales del proyecto, original o modificado, verificadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ antes y después de ser ejecutado el trabajo de excavación.

Si el Constructor modifica el perfil de la excavación antes de que el Interventor realice la medición, se deberá atener a lo que unilateralmente éste determine.

No se medirán las excavaciones que el Constructor haya efectuado por negligencia o por conveniencia por fuera de las líneas de pago del proyecto o las autorizadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Si dicha sobre-excavación se efectúa en la subrasante o en una calzada existente, el Constructor deberá rellenar y compactar los respectivos espacios sin costo adicional para el INVÍAS, usando materiales y procedimientos aceptados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

En las zonas de préstamo, solamente se medirán en su posición original los materiales efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes y pedraplenes; alternatively, se podrá establecer la medición de los volúmenes de materiales de préstamo utilizados, en su posición final en la vía, reduciéndolos a su posición original mediante relación de densidades secas determinadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ teniendo en cuenta la corrección de partículas gruesas establecida por la norma INV E-228, siempre que ella se requiera.

No se medirán ni se autorizarán pagos para los volúmenes de material removido de derrumbes, durante los trabajos de excavación de taludes cuando, a juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, ellos fueren causados por procedimientos inadecuados o por negligencia del Constructor.

### 1.3.7. Forma de pago

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto o las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste.

El precio unitario para la excavación deberá cubrir todos los costos por concepto de excavación, remoción, cargue, acarreo libre, y descargue en la zona de utilización o desecho. Se deberá considerar la mano de obra, equipos, herramientas utilizadas y los costos de administración, imprevistos y utilidad del CONSTRUCTOR.

Deberá cubrir, además, los costos de conformación de la subrasante y su compactación cuando corresponda, según se indica en el numeral correspondiente; la conformación de las zonas laterales y las de préstamo y disposición de sobrantes; los costos de perforación en roca, precortes, explosivos y voladuras; la excavación de zanjas u obras similares y el mejoramiento de esas mismas obras o de cauces naturales; y la limpieza final.

El CONSTRUCTOR deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio e instante de utilización.

En las zonas del proyecto donde se deba realizar trabajo de descapote, el precio unitario deberá cubrir el almacenamiento de los materiales necesarios para las obras; y, cuando ellos se acordonen a lo largo de

futuros terraplenes, su posterior traslado y extensión sobre los taludes de éstos, así como el traslado y extensión sobre los taludes de los cortes donde esté proyectada su utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. De los volúmenes de excavación se descontarán, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de mamposterías; concretos; filtros; y subbases, bases y capas de rodadura tanto de pavimentos asfálticos como de pavimentos rígidos.

En los proyectos de ensanche o de modificación del alineamiento de calzadas existentes, donde se debe garantizar el tránsito, el CONSTRUCTOR deberá considerar en su precio unitario la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, así como todos los costos por concepto de la conservación de la superficie de rodadura existente.

El precio unitario para excavación de préstamos deberá cubrir todos los costos de desmonte, limpieza y descapote, entendiéndose en este caso como descapote la remoción necesaria de material para acceder al estrato apto de las zonas de préstamo; la excavación, cargue, acarreo libre y descargue de los materiales de préstamo efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes o pedraplenes; y los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y de alquiler de las fuentes de materiales de préstamo; y los costos de adecuación paisajística de las zonas de préstamo para recuperar las características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el Artículo de "Aspectos Ambientales"

No habrá pago por las excavaciones y disposición o desecho de los materiales no utilizados que hayan sido obtenidos en las zonas de préstamo.

El transporte de los materiales provenientes de las excavaciones a una distancia mayor a cien metros (100 m) de acarreo libre se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 900, "Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes".

#### ÍTEM DE PAGO

210.1.1 Excavación sin clasificar de la explanación y canales (m3)

210.2.1 Excavación en roca sin clasificar de la explanación y canales (m3)

210.2.2 Excavación en material común de la explanación y canales (m3)

*Se ha actualizado el artículo a la normativa más reciente de 2013 puesto que la que se había incluido en el proyecto es la correspondiente a 2007. La parte de Ejecución de los trabajos es la que ha sufrido el grueso de modificaciones en la nueva versión.*

#### 1.4. Art. 630. Concreto estructural

ART. 671	CONCRETO ESTRUCTURAL	UD
630.4.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA) PARA VIGA CABEZAL Y ANILLO DE CONFINAMIENTO	M3
630.4.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA) PARA MURO PANTALLA	M3

630.4.3	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA) PARA RECUBRIMIENTO E INYECCIÓN DE GAVIONES	M3
630.4.4	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA) PARA PILAS	M3
630-P.10	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONCRETO NEUMÁTICO F'C = 28 MPA EN OBRAS EXTERIORES	M3
630-P.11	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE REVESTIMIENTO DE CUNETAS DE SUELO CEMENTO CON MANTO DE CONCRETO CANVAS DE 5 MM	M2
630-P.15	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA) PARA CANALES Y POCETAS	M3
630.4.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA) PARA VIGA CABEZAL Y ANILLO DE CONFINAMIENTO	M3

#### 1.4.1. Descripción

Este trabajo consiste en el suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabado de los concretos de cemento hidráulico, utilizados para la construcción de puentes, estructuras de drenaje, muros de contención y estructuras en general, de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

No se consideran los pavimentos de concreto hidráulico, las bases de concreto hidráulico y los adoquines de concreto, los cuales se encuentran contemplados en los Artículo 500, 505 y 510, respectivamente.

#### 1.4.2. Materiales

##### Cemento

El cemento utilizado será hidráulico, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo indicado en el Artículo 501. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará cemento hidráulico de uso general: Portland tipo I (norma ASTM C-150); tipo IS o IP (norma ASTM C595); o tipo GU (norma ASTM C1157).

El Constructor deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla.

Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no podrá ser utilizado. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

##### Agregados

##### Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pase el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, a juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del treinta por ciento (30 %) del agregado fino.

El agregado fino deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 630 - 1 y su gradación se deberá ajustar a la indicada en la Tabla 630 - 2.

En ningún caso, el agregado fino podrá tener más de cuarenta y cinco por ciento (45 %) de material retenido entre dos tamices consecutivos de los mostrados en la Tabla 630-2. Además, el módulo de finura deberá estar entre 2.3 y 3.1.

Durante el período de construcción no se permitirán variaciones mayores de dos décimas (0.2) en el módulo de finura, con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo.

Los porcentajes mínimos de material que pasan los tamices de 0.3 mm (No. 50) y de 0.15 mm (No. 100) indicados en la Tabla 630 – 2 pueden reducirse a 5 y 0 respectivamente en los siguientes casos:

- El agregado fino va a ser usado en un concreto con aire incluido que tenga más de 237 kilogramos de cemento por metro cúbico; se considera que un concreto con aire incluido es aquel se elabora con un cemento con inclusor de aire o que tiene un aditivo inclusor de aire, y que el contenido de aire incluido es 3.5 % como mínimo.
- El agregado fino va a ser usado en un concreto sin aire incluido que tenga más de 297 kilogramos de cemento por metro cúbico. Un agregado fino que no cumpla los requisitos de granulometría y módulo de finura especificados en este numeral puede ser aceptado si se demuestra, a juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ que hay una evidencia adecuada de comportamiento satisfactorio de concretos del mismo tipo y para el mismo uso, construidos con ese agregado.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	
- Sulfato de sodio		10
- Sulfato de magnesio		15
<b>Limpieza (F)</b>		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	No plástico
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	60
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	5
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	1
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	0.5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200), máximo (%)	E-214	5
<b>Contenido de materia orgánica (F)</b>		
Color más oscuro permisible	INV E-212	Igual a Muestra patrón
<b>Características químicas (O)</b>		
Contenido de sulfatos, expresado como SO <sub>4</sub> , máximo (%)	INV E-233	1.2

Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%)	E-222	4

Tabla 630 – 1. Requisitos del agregado fino para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15
	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
PORCENTAJE QUE PASA (%)							
UNICA	100	95-100	80-100	50-85	25-60	10-30	2-10

Tabla 630 – 2. Granulometría del agregado fino para concreto estructural

### Agregado grueso

Para el objeto del presente Artículo, se denominará agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz 4.75 mm (No. 4). Dicho agregado deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla. No se permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

El agregado grueso deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 630 - 3 y su gradación se deberá ajustar a alguna de las indicadas en la Tabla 630 - 4. La gradación por utilizar será la especificada en los documentos del proyecto para cada clase de concreto, cuyo tamaño máximo dependerá de la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller o Bolomey.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
<b>Dureza (O)</b>		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	40
- En seco, 500 revoluciones, máximo (%)		
- En seco, 100 revoluciones, máximo (%)		
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)	E-220	12
- Sulfato de sodio		
- Sulfato de magnesio		
<b>Limpieza (F)</b>		
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	0.25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1.0
<b>Geometría de las partículas (F)</b>		
Índice de alargamiento, máximo	E-230	25

(%)		
Índice de aplanamiento, máximo (%)	E-230	25
<b>Características químicas (O)</b>		
Contenido de sulfatos, expresado como SO <sub>4</sub> , máximo (%)	E-233	1.0

Tabla 630 – 3. Requisitos del agregado grueso para concreto estructural

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
	63	50	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.36
	2.5"	2"	1 1/2"	1"	3 / 4 "	1 / 2"	3 / 8"	No. 4	No. 8
PORCENTAJE QUE PASA (%)									
<b>AG-19</b>	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
<b>AG-25</b>	-	-	-	100	95-100	-	20-55	0-10	0-5
<b>AG-38</b>	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
<b>AG-50-1</b>	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
<b>AG-63-1</b>	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
<b>AG-50-2</b>	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
<b>AG-63-2</b>	100	95-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-

Tabla 630-4. Franjas granulométricas de agregado grueso para concreto estructural

### Reactividad

Para evaluar el potencial de que se presenten expansiones perjudiciales en el concreto debido a la reactividad de los agregados con los álcalis del cemento (reactividad álcali-sílice o álcali-carbonatos), se deberán seguir los lineamientos de las normas ASTM C33 y NTC 174.

### Evaluación de estructuras en servicio comparables

Como criterio para calificar la reactividad potencial, deberá prevalecer, de preferencia, la evaluación de estructuras en servicio que sean comparables; las estructuras deben haber sido construidas empleando los mismos agregados y el mismo cemento y deben tener, en general, al menos 10 años de servicio bajo condiciones de exposición suficientemente similares a las de la nueva estructura que se va a construir.

Para estructuras que estén diseñadas para períodos de diseño especialmente largos, o si los resultados de ensayos de laboratorio muestran que los agregados pueden ser perjudicialmente reactivos, las estructuras en servicio que sean comparables deberán tener más de 20 años.

### Inspección petrográfica

La inspección petrográfica para determinar si los agregados contienen sustancias que potencialmente pueden ser perjudicialmente reactivas y en qué cantidades están presentes, se deberá realizar siguiendo las normas ASTM C195 y NTC 3773.

### Reactividad álcali-sílice

Los agregados fino y grueso no deberán presentar reactividad potencial del sílice presente en ellos con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO<sub>2</sub> y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma INV E-234, se obtienen los siguientes resultados:

$\text{SiO}_2 > R$	cuando $R \geq 70$	[630.1]
--------------------	--------------------	---------

$\text{SiO}_2 > 35 + 0.5 R$	cuando $R < 70$	[630.2]
-----------------------------	-----------------	---------

Si en la mezcla se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base en los criterios anteriores, no debe ser utilizado en la producción de concretos, a no ser que se demuestre que no es nocivo para el concreto con base en evaluaciones complementarias, como las indicadas en el apéndice de la especificación ASTM C33, en especial las que hacen referencia a las normas ASTM C 227 y C 1260.

#### Reactividad álcali-carbonatos

Los carbonatos presentes en los agregados fino y grueso no deberán presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Aunque los agregados que pueden desarrollar potenciales reacciones perjudiciales álcali-carbonatos son poco frecuentes y rara vez hacen parte de los agregados con los cuales se elabora el concreto, si hay sospecha de su existencia se recurrirá a las normas de ensayo ASTM C 586 o ASTM C 1105 para calificar su potencial reactivo.

#### Agregado ciclópeo

El agregado ciclópeo será roca triturada o canto rodado de buena calidad. El agregado será preferiblemente angular y su forma tenderá a ser cúbica. La relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no será mayor que dos a uno (2:1).

El tamaño máximo admisible del agregado ciclópeo dependerá del espesor y del volumen de la estructura de la cual formará parte. En cabezales, aletas y obras similares con espesor no mayor de ochenta centímetros (80 cm), se admitirán agregados ciclópeos con dimensión máxima de treinta centímetros (30 cm). En estructuras de mayor espesor se podrán emplear agregados de mayor tamaño, previa autorización del Interventor y con las limitaciones establecidas en el numeral correspondiente.

El material constitutivo del agregado ciclópeo no podrá presentar un desgaste mayor de cincuenta por ciento (50 %), al ser sometido a la prueba de Los Ángeles, gradación E, según la norma de ensayo INV E-219.

#### Agua

El agua que se emplee para las mezclas de concreto hidráulico deberá ser limpia y libre de aceites, ácidos, azúcar, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial al concreto terminado. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación.

Cuando se empleen otras fuentes o cuando se mezcle agua de dos o más procedencias, el agua deberá ser calificada mediante ensayos. Los requisitos primarios para esta calificación serán los incluidos en la Tabla 630 - 5.

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO	LÍMITES
pH	ASTM D 1293	5.5 – 8.5
Resistencia a compresión, % mínimo en control a 7 días	INV E-410	90

Tiempo de fraguado, desviación respecto del tiempo de control (horas:minutos)	ASTM C 403	de 1:00 inicial a 1:30 final
---	------------	------------------------------

Tabla 630 -5.Requisitos para el agua de mezcla

El requisito de resistencia a compresión se refiere al porcentaje mínimo de resistencia a compresión a veintiocho (28) días de una mezcla de concreto con el agua que se desea emplear, respecto de otra elaborada con los mismos agregados y cemento, en las mismas proporciones, pero empleando un agua calificada, pudiéndose emplear agua destilada para este fin.

En relación con el requisito sobre tiempo de fraguado, las medidas se realizarán mediante la resistencia a penetración de morteros extraídos de muestras de concreto, elaboradas como se describió en el párrafo anterior.

Los requisitos que se muestran en la Tabla 630 - 6 se consideran opcionales y sirven solamente para que el productor de la mezcla mantenga documentada la química y el contenido del agua de mezclado, salvo que los documentos del proyecto o una especificación particular invoquen el cumplimiento de uno o más de ellos.

CONTAMINANTE	NORMA DE ENSAYO	LÍMITE MÁXIMO (ppm) (Nota 2)
Ión Cloro ( Cl- )	ASTM C 114	1000
Sulfatos ( SO4 )	ASTM C 114	3000
Álcalis como ( Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O )	ASTM C 114 (Nota 1)	600
Sólidos totales por masa	ASTM C 1603	5000

Tabla 630 – 6.Límites químicos opcionales para el agua de mezclado

Nota 1: Se pueden emplear también las normas ASTM D 4191 y ASTM D 4192

Nota 2: ppm corresponde a partes por millón 630.2.4

### Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea más adecuado para las condiciones particulares de la estructura por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin perturbar las propiedades restantes de la mezcla.

Los aditivos y adiciones deberán estar libres de sustancias que, por su naturaleza o cantidad, afecten la resistencia o la durabilidad del concreto, armaduras, aceros de alta resistencia u otros elementos insertados.

Especialmente, se deberá evitar el uso de aditivos que, por su alto contenido de cloruros, pudieran acelerar la corrosión del acero de alta resistencia para el concreto pre-tensado o post-tensado.

Los aditivos reductores de agua y para control de fraguado deberán cumplir los requisitos de la norma ASTM C-494; los inclusores de aire cumplirán las exigencias de la norma ASTM C-260 y los puzolánicos habrán de satisfacer las exigencias de la norma ASTM C-618.

El uso del aditivo será responsabilidad directa del Constructor, así haya sido aprobado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### Productos para el curado del concreto

El curado del concreto se podrá llevar a cabo por medio de:

- Humedad.
- Cubrimiento con películas líquidas.
- Cubrimiento con membranas.

### **Curado por humedad**

Si el curado se realiza mediante humedad, el agua utilizada deberá cumplir los requisitos establecidos en el numeral correspondiente. El material de cobertura podrá ser tela de fique o algodón, arena u otro producto de alta retención de humedad.

### **Cubrimiento con películas líquidas**

Para el recubrimiento con películas líquidas, se empleará un producto de reconocida calidad que, aplicado mediante aspersión sobre la superficie de la estructura, genere una película que garantice el correcto curado de ésta. Deberá ser de un color claro para reflejar la luz y deberá permitir la verificación de la homogeneidad del vaciado de la mezcla.

La efectividad de los productos de curado se debe demostrar mediante experiencias previas exitosas o ensayos al inicio de la colocación del concreto. Deberán cumplir con la especificación ASTM C 309, tipo 2 clase B, o clase A sólo si la base es de parafina.

### **Cubrimiento con membranas**

Las láminas de curado pueden ser de polietileno blanco o de papel de curado, que cumplan con la especificación ASTM C 171.

### **Clases de concreto**

Los documentos del proyecto definirán las diferentes clases del concreto. Cada clase de concreto deberá estar caracterizada, como mínimo, con los siguientes parámetros:

- Tipo de uso: concreto pretensado, postensado, reforzado, simple o ciclópeo.
- Tipo de colocación especial, si aplica. Por ejemplo: para instalar con bomba, para instalar bajo agua (tremie).
- Categoría y clase de exposición: se deberá definir de acuerdo con la norma NSR-10, título A, capítulo C.4, “Requisitos de durabilidad”, o la norma que la actualice o sustituya.
- Requisitos asociados a la clase de exposición, según la misma norma: relación agua/material cementante, resistencia mínima a la compresión, contenido de aire y tipo de material cementante, entre otros.
- Tipo de cemento hidráulico, el cual debe ser definido en función de las condiciones particulares de cada estructura, teniendo en cuenta los requisitos asociados a la clase de exposición.
- Aditivos, si se requieren.
- Tamaño máximo y tipo de gradación del agregado grueso.
- Relación agua/cemento, valor máximo.
- Resistencia a la compresión inconfiada (norma de ensayo INV E-410) para una edad específica, valor mínimo definido en el diseño, el cual deberá corresponder a la clase de exposición, pero no podrá ser inferior al indicado en la Tabla 630 – 7 para cada tipo de uso.

- Asentamiento (norma de ensayo INV E-404), intervalo de valores.
- Contenido de aire (norma de ensayo INV E-406), intervalo de valores.

TIPO DE USO	RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN, A 28 DÍAS (MPa)
Concreto pretensado y postensado	32
Concreto reforzado	21
Concreto simple (sin refuerzo)	14
Concreto ciclópeo: se compone de concreto simple y agregado ciclópeo en una proporción de 40 %, como máximo, del volumen total.	14

Tabla 630 – 7. Valores mínimos de resistencia del concreto estructural

### 1.4.3. Equipo

Los principales equipos y herramientas requeridos para la elaboración de concretos y la construcción de estructuras con este material, son los siguientes:

#### Equipo para la elaboración de agregados

Para la elaboración de los agregados pétreos se requieren equipos para su explotación, cargue, transporte y proceso. La unidad de proceso consistirá en una unidad clasificadora y una planta de trituración provista de trituradoras primaria, secundaria y terciaria siempre que esta última se requiera, así como un equipo de lavado. La planta deberá estar provista de los filtros y demás accesorios necesarios para controlar la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

#### Central de fabricación de la mezcla

El concreto se fabricará en centrales de mezcla discontinua, capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las tolvas para agregados deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y estarán provistas de dispositivos para evitar intercontaminaciones; su número mínimo será función del número de fracciones de agregado pétreo que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Para el cemento a granel se utilizará una báscula independiente de la utilizada para los agregados. El mecanismo de carga deberá estar protegido contra un eventual cierre antes de que la tolva de pesada estuviera adecuadamente cargada. El de descarga, contra una eventual apertura antes que la carga del cemento en la tolva de pesada hubiera finalizado, y que la masa del cemento en ella difiera en menos del uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) de la especificada; además, el mecanismo estará diseñado de forma que permita la regulación de la salida del cemento sobre los agregados.

La dosificación de los agregados se podrá efectuar por pesadas acumuladas en una (1) sola tolva o individualmente con una (1) tolva de pesada independiente para cada fracción. En el primer caso, las descargas de las tolvas de alimentación y la descarga de la tolva de pesada estarán protegidas de forma que:

- No podrá descargar más de una (1) tolva al mismo tiempo.
- El orden de descarga no podrá ser distinto al previsto.

La tolva de pesada no se podrá descargar hasta que haya sido depositada en ella la cantidad requerida de cada uno de los agregados y estén cerradas todas las descargas de las otras tolvas.

Si se emplea una sola tolva para la dosificación de los agregados, la masa acumulada que se mida en la tolva cada vez que se incorpora una fracción del agregado no podrá diferir en más de uno por ciento ( $\pm 1$  %) de la correspondiente a la dosificación teórica.

Si se emplean tolvas de pesada independientes para cada fracción, todas ellas deberán poder ser descargadas simultáneamente. La masa de agregado en cada tolva no podrá diferir en más de dos por ciento ( $\pm 2$  %) de la correspondiente a la dosificación teórica.

No se permitirá que se descargue parte alguna de la dosificación, hasta que todas las tolvas de los agregados y la del cemento estén correctamente cargadas, dentro de los límites especificados. Una vez comenzada la descarga, no se podrá comenzar una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesada estén vacías, sus compuertas de descarga cerradas y los indicadores de masa de las balanzas en cero (0), con una tolerancia del tres por mil ( $\pm 0.3$  %) de su capacidad total.

Los dosificadores ponderales deberán estar aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos de la central, de forma que, cuando éstos funcionen, sus lecturas, después de paradas las agujas, no difieran de la masa designada en más del uno por ciento ( $\pm 1$  %) para el cemento, uno y medio por ciento ( $\pm 1.5$  %) para cada fracción del agregado o uno por ciento ( $\pm 1$  %) para el total de las fracciones, si la masa de éstas se determina conjuntamente. Su precisión no deberá ser inferior al cinco por mil ( $\pm 0.5$  %) para los agregados, ni al tres por mil ( $\pm 0.3$  %) para el cemento. El agua añadida se medirá en masa o volumen, con una precisión no inferior al uno por ciento ( $\pm 1$  %) de la cantidad total requerida.

Una vez fijadas las proporciones de los componentes, la única operación manual que se podrá efectuar para dosificar los agregados y el cemento de una amasada, será la de accionamiento de interruptores o conmutadores. Los mandos del dosificador deberán estar en un compartimento fácilmente accesible, que pueda ser cerrado con llave cuando así se requiera.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con precisión suficiente. Los aditivos en polvo se dosificarán en masa y los aditivos en forma de líquido o de pasta en masa o en volumen, con una precisión no inferior al tres por ciento ( $\pm 3$  %) de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga del mezclador deberán estar protegidos de tal forma que, durante el funcionamiento del mezclador, no se pueda producir la descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de amasado previsto.

### Mezcla en el sitio

Se permite el empleo de mezcladoras estacionarias en el lugar de la obra, previa autorización del Interventor, cuya capacidad no deberá exceder de tres metros cúbicos (3 m<sup>3</sup>).

### Elementos de transporte

La utilización de cualquier sistema de transporte o de conducción del concreto deberá contar con la aprobación del Interventor. Dicha aprobación no deberá ser considerada como definitiva por el Constructor y se da bajo la condición de que el uso del sistema de conducción o transporte se suspenda inmediatamente, si el asentamiento o la segregación de la mezcla exceden los límites especificados.

Cuando la distancia de transporte sea mayor de trescientos metros (300 m), no se podrán emplear sistemas de bombeo, sin la aprobación del Interventor. Cuando el concreto se vaya a transportar en vehículos a distancias superiores a seiscientos metros (600 m), el transporte se deberá efectuar en camiones mezcladores.

### Formaleta y obra falsa

El Constructor deberá suministrar e instalar todas las formaletas necesarias para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en los planos u ordenadas por el Interventor. Las formaletas podrán ser de madera o metálicas y se deberán poder ensamblar firmemente y tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes u otras desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Las formaletas de madera podrán ser de tabla cepillada o de triplex, y deberán tener un espesor uniforme.

La obra falsa o armazones provisionales deberán ser construidos sobre cimientos suficientemente resistentes para soportar las cargas sin asentamientos perjudiciales. Toda la obra falsa deberá ser diseñada y construida con la solidez necesaria que le permita soportar, sin sufrir deformación apreciable, las cargas a que estará sometida, las cuales deberán incluir, además del peso de la superestructura, las correspondientes a las formaletas, arriostramientos, pistas de tráfico y demás cargas que le puedan ser impuestas durante la construcción. La obra falsa deberá ser convenientemente apuntalada y amarrada para prevenir distorsiones y movimientos que puedan producir vibraciones y deformaciones en la formaleta de la superestructura.

### Elementos para la colocación del concreto

El Constructor deberá disponer de los medios de colocación del concreto que permitan una buena regulación de la cantidad de mezcla depositada, para evitar salpicaduras, segregación y choques contra las formaletas o el refuerzo.

### Vibradores

Los vibradores para compactación del concreto deberán ser de tipo interno, y deberán operar a una frecuencia no menor de seis mil (6,000) ciclos por minuto y ser de una intensidad suficiente para producir la plasticidad y adecuada consolidación del concreto, pero sin llegar a causar la segregación de los materiales.

Para fundiciones delgadas, donde las formaletas estén especialmente diseñadas para resistir la vibración, se podrán emplear vibradores externos de formaleta.

### Equipos varios

El Constructor deberá disponer de elementos para usos varios, entre ellos los necesarios para la ejecución de juntas, la corrección superficial del concreto terminado, la aplicación de productos de curado, equipos para limpieza, etc.

#### 1.4.4. Ejecución de los trabajos

##### Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, "Desarrollo y control de los trabajos", numeral 105.13.3.

##### Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación del concreto determinará las proporciones en que deben combinarse los diferentes materiales componentes como son: agregados, cemento, agua y eventualmente, aditivos, de modo de obtener un concreto que cumpla con la resistencia, manejabilidad, durabilidad y demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares del proyecto, las presentes especificaciones y las dadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor deberá suministrar al Interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar,

avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el Interventor realice las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales con base en el cumplimiento de los requisitos de la presente especificación, el Constructor diseñará la mezcla y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a consideración de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Dicha fórmula señalará:

- El tipo y la marca de cemento.
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta.
- Las dosificaciones de cemento, agregados grueso y fino y aditivos en polvo, en peso por metro cúbico de concreto. La cantidad de agua y aditivos líquidos se podrá dar por peso o por volumen. Cuando se contabilice el cemento por bolsas, la dosificación se hará en función de un número entero de bolsas.
- La resistencia a compresión de la mezcla a siete (7) y veintiocho (28) días de curado, o las edades que se fijen para cada clase de concreto, la cual se medirá según la norma INV E-410.
- La consistencia del concreto, cuyo asentamiento se deberá encontrar dentro de los límites indicados en los documentos del proyecto para cada clase de concreto, el cual se medirá según norma de ensayo INV E-404. Si los documentos del proyecto no indican los límites para el asentamiento del concreto, regirán los indicados en la Tabla 630 – 8.

TIPO DE ELEMENTO	ASENTAMIENTO NOMINAL (mm)	ASENTAMIENTO MÁXIMO (mm)
Elementos contruidos con formaleta, secciones de más de 30 cm de espesor	10-30	50
Elementos contruidos con formaleta, secciones de 30 cm de espesor o menos	10-40	50
Pilas vaciadas in-situ	50-80	90
Concreto colocado bajo agua	50-80	90

Tabla 630 – 8. Límites para el asentamiento del concreto

La fórmula de trabajo se deberá reconsiderar cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, la clase o la categoría del cemento o su marca.
- El tipo, absorción y tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0.2).
- La gradación del agregado combinado en una magnitud tal, que ella se salga de la tolerancia fijada.
- La naturaleza y la proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra del concreto.

El Constructor deberá considerar que el concreto deberá ser dosificado y elaborado para asegurar una resistencia a la compresión promedio suficientemente superior a la especificada en los planos del proyecto, según la clase de concreto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por

debajo del valor de especificado. Con este fin, el Constructor deberá tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño dependerá de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Al efectuar las cochadas de tanteo en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deberán ser preparadas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402 y ensayadas según la norma de ensayo INV E-410. Se deberán elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a compresión a veintiocho (28) días (o a la edad definida para la clase de concreto) en función de la relación agua/cemento y del contenido de cemento. Estas curvas se deberán basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen cochadas que den lugar a resistencias a compresión por encima y por debajo de la requerida. Cada punto deberá representar el promedio de, por lo menos, tres (3) cilindros ensayados a veintiocho (28) días (o a la edad definida para la clase de concreto).

Los valores de relación agua/cemento máxima y contenido mínimo de cemento admisibles por resistencia para el concreto a ser empleado en la estructura, serán los que permitan obtener una resistencia promedio por encima la resistencia de diseño del elemento, según lo indica la Tabla 630 - 9.

En todos los casos, la relación agua/cemento y el contenido de cemento deben cumplir con los valores máximo y mínimo, respectivamente, permitidos por las consideraciones de durabilidad correspondientes a la clase de concreto definida en los documentos del proyecto, de acuerdo con el numeral 630.2.6.

RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN (f'c)		RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA A LA COMPRESIÓN	
MPa	kg/cm2	MPa	kg/cm2
< 21	< 210	f'c + 7	f'c + 70
21 – 35	210 - 350	f'c + 8.5	f'c + 85
> 35	> 350	f'c + 10	f'c + 100

Tabla 630 – 9. Resistencia promedio requerida a la compresión

Cuando se especifique concreto con inclusor de aire, éste deberá cumplir con los requisitos indicados en el numeral 630.2.4; la cantidad de aditivo utilizado deberá producir el contenido de aire incluido que indique en los documentos del proyecto. La cantidad de aire incluido se determinará según la norma de ensayo INV E-406.

La aprobación que dé el Interventor al diseño de la mezcla no implica necesariamente la aceptación posterior de las obras de concreto que se construyan con base en dicho diseño, ni exime al Constructor de su responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de las especificaciones y los planos. La aceptación de las obras para fines de pago dependerá de su correcta ejecución y de la obtención de la resistencia a compresión mínima especificada para la respectiva clase de concreto, resistencia que será comprobada con base en las mezclas realmente incorporadas en tales obras.

No se permitirá ningún cambio al diseño de la mezcla, sin autorización de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### Preparación de la zona de los trabajos

La excavación necesaria para las cimentaciones de las estructuras de concreto y su preparación para la cimentación, incluyendo su limpieza y apuntalamiento, cuando sea necesario, se deberá efectuar conforme se estipula en el Artículo 600. Cualquier deterioro ocurrido después de terminada la excavación, deberá ser subsanado por el Constructor, sin costo adicional para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, empleando procedimientos aceptables para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### Instalación de la formaleta y obra falsa

Todas las formaletas para confinar y soportar la mezcla de concreto mientras se endurece deberán ser diseñadas por el Constructor y aprobadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Las formaletas deberán ser diseñadas de tal manera, que permitan la colocación y la consolidación adecuada de la mezcla en su posición final y su fácil inspección; así mismo, deberán ser suficientemente herméticas para impedir pérdidas del mortero de la mezcla.

La aprobación del diseño de las formaletas por parte del Interventor no exime al Constructor de su responsabilidad respecto de la seguridad, calidad del trabajo y cumplimiento de todas las especificaciones.

Las formaletas, tanto de madera como metálicas, se ensamblarán firmemente y deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto sin distorsiones. Antes de iniciar la colocación del concreto, se deberán limpiar de impurezas, incrustaciones de mortero y cualquier otro material extraño. Su superficie interna se deberá cubrir con aceite u otro producto que evite la adherencia, que no manche la superficie del concreto y no sea absorbido por éste.

Las abrazaderas que se utilicen para sostener las formaletas y que queden embebidas en el concreto, deberán ser pernos de acero provistos de rosca, tuercas y acoples adecuados, que permitan retirar los extremos exteriores sin producir daños en las superficies del concreto. Todos los huecos resultantes del retiro de las abrazaderas se deberán llenar con un mortero de consistencia seca.

No se podrá colocar concreto dentro de las formaletas si éstas no han sido inspeccionadas y aprobadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Las formaletas se podrán remover parcial o totalmente tan pronto como la mezcla haya adquirido la resistencia suficiente, comprobada mediante ensayos, para sostener su propio peso y el peso de cualquier otra carga.

Toda obra falsa o cimbra para la construcción de puentes u obras similares, deberá ser diseñada por el Constructor, quien someterá el diseño a consideración del Interventor. En el diseño se deberán tener en cuenta las cargas muertas y vivas a las que estará sometida la obra falsa durante y después de la colocación del concreto. Las eventuales deflexiones de la obra falsa, debido a las cargas, se deberán compensar mediante contraflechas, de tal forma que la estructura terminada se ajuste a los niveles indicados en los planos.

En la construcción de cimbras para arcos, se deberán proveer los medios adecuados que permitan un descenso gradual de los centros hasta obtener el autosoporte del arco. Las cimbras se colocarán sobre gatos aprobados para levantar y corregir cualquier asentamiento leve que pueda ocurrir una vez iniciada la colocación del concreto.

## **Fabricación de la mezcla**

### **Almacenamiento de los agregados**

Cada tipo de agregado se acopiará por pilas separadas, las cuales se deberán mantener libres de tierra o de elementos extraños y dispuestas de tal forma que se evite al máximo la segregación de los agregados.

El almacenamiento de los agregados se podrá realizar sobre patios pavimentados construidos para este fin. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. En todos los casos, los acopios deberán ser cubiertos.

Los acopios se construirán por capas de espesor no mayor a metro y medio (1.50 m) y no por montones cónicos.

### **Suministro y almacenamiento del cemento**

El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en acopios de no más de siete metros (7 m) de altura.

Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en sitios aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento será la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.

Todo cemento que tenga más de dos (2) meses de almacenamiento en sacos o tres (3) en silos, deberá ser examinado por el Interventor, para verificar si aún es susceptible de utilización.

### **Almacenamiento de aditivos**

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y observando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del cemento. Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos.

### **Elaboración de la mezcla**

Cuando la mezcla se produce en una planta central, sobre camiones mezcladores o por una combinación de estos procedimientos, el trabajo se deberá efectuar de acuerdo con los requisitos aplicables de la especificación ASTM C-94.

#### **Mezclado en plantas estacionarias en el lugar de la obra**

Salvo indicación en contrario del Interventor, la mezcladora se cargará primero con una parte no superior a la mitad (1/2) del agua requerida para la cochada; a continuación, se añadirán simultáneamente el agregado fino y el cemento y, posteriormente, el agregado grueso, completándose luego la dosificación de agua durante un lapso que no deberá ser inferior a cinco segundos (5 s), ni superior a la tercera parte (1/3) del tiempo total de mezclado, contado a partir del instante de introducir el cemento y los agregados.

La mezcla se hará a la velocidad recomendada por el fabricante de la máquina y el tiempo de mezclado deberá ser superior a uno y medio minutos (1.5 min), contados a partir del momento en que todos los materiales están dentro del tambor mezclador y hasta el instante en que se inicie la descarga. Se podrá reducir este tiempo, solamente si se demuestra que la mezcla es satisfactoria. En todo caso, el tiempo de mezclado no deberá exceder de 5 minutos.

Como norma general, los aditivos se añadirán a la mezcla disueltos en una parte del agua de mezclado.

Antes de cargar nuevamente la mezcladora, se vaciará totalmente su contenido. En ningún caso, se permitirá el remezclado de concretos que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, agregados y agua.

Cuando la mezcladora haya estado detenida por más de treinta (30) minutos, deberá ser limpiada perfectamente antes de verter materiales en ella. Así mismo, se requiere su limpieza total, antes de comenzar la fabricación de concreto con otro tipo de cemento.

Cuando la mezcla se elabore en mezcladoras al pie de la obra, el Constructor, con la supervisión del Interventor, transformará las cantidades correspondientes a la fórmula de trabajo en unidades volumétricas. El Interventor verificará que existen los elementos de dosificación precisos para obtener una mezcla de la calidad deseada.

#### **Mezclado en planta central**

Se deberá ajustar, en todo lo pertinente, a lo indicado en el numeral anterior para la mezcla en mezcladoras estacionarias. 630.4.5.4.3 Mezclado en camiones mezcladores (mixer) Cuando se emplee un camión mezclador para mezclado completo, en tránsito o al llegar a la obra, cada bachada deberá ser mezclada por no menos de setenta (70) ni más de cien (100) revoluciones de tambor o paletas a la velocidad de

rotación fijada por el fabricante del equipo. El tiempo adicional de mezcla, cuando sea requerido, se debe completar a la velocidad de agitación especificada por el fabricante.

Todos los materiales incluyendo el agua, deben estar dentro del tambor mezclador antes de iniciar el mezclado propiamente dicho y accionar el contador de revoluciones. El mezclado debe iniciar dentro de los treinta (30) minutos siguientes al instante en que el cemento es puesto en contacto con los agregados dentro del tambor.

Cuando los agregados estén húmedos, haya agua dentro del tambor, la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30 °C), se use un cemento de alta resistencia o se empleen aditivos aceleradores de fraguado, el tiempo citado en el párrafo anterior se deberá reducir a quince (15) minutos.

Cuando se trate de mezclado parcial en planta central, el tiempo de mezcla en la mezcladora estacionaria de la planta central se podrá reducir a treinta (30) segundos, completando el mezclado en el camión mezclador en tránsito, en la forma indicada en este numeral.

Los camiones mezcladores no se deberán cargar a más del 63 % del volumen del tambor para mezclado completo en tránsito o al llegar a la obra, ni a más del 70 % del volumen del tambor, cuando haya mezclado parcial en la planta central.

#### Mezclado manual

La mezcla manual sólo se podrá efectuar, previa autorización del Interventor, para estructuras pequeñas que requieran concreto de resistencia a la compresión no superior a 14 MPa a los 28 días, o en casos de emergencia que requieran un reducido volumen de concreto. En tal caso, se deberá colocar un 20 % adicional de cemento, en peso, sobre el requerido según el diseño de la mezcla.

El mezclado manual se deberá hacer en bachadas no mayores de un cuarto de metro cúbico (0.25 m<sup>3</sup>), sobre una superficie lisa e impermeable.

Las cantidades de agregados se deberán medir en cajones de tamaños apropiados. El agregado fino y el cemento se deben mezclar cuidadosamente por medio de palas mientras estén secos, hasta que la mezcla tenga un color uniforme, después de lo cual se forma un cráter en el cual se incorpora el agua en la cantidad necesaria para obtener un mortero de consistencia adecuada. El material de la parte exterior del anillo del cráter se patea entonces hacia el centro y se da vueltas a toda la masa cortándola en secciones, hasta que se logre una consistencia uniforme.

Se humedece completamente el agregado grueso y se añade al mortero dando vueltas y revolviendo toda la masa cuando menos seis (6) veces, hasta que todas las partículas de este agregado queden perfectamente cubiertas por el mortero y la mezcla tenga color y apariencia uniformes.

Las cargas mezcladas a mano no se podrán emplear para concreto colocado debajo del agua.

#### Reblandamiento del concreto

No se deberá hacer ningún reblandamiento del concreto, agregándole agua o por otros medios, excepto que con la autorización escrita del Interventor se podrá añadir agua adicional de mezcla al concreto transportado en camiones mezcladores o agitadores, siempre que no se exceda la relación agua/cemento especificada para la mezcla, que dicho concreto, a su descarga, cumpla todos los requisitos exigidos y que no se excedan los tiempos de mezcla y transporte especificados en este Artículo.

#### **Descarga, transporte y entrega de la mezcla**

El concreto, al ser descargado de mezcladoras estacionarias, deberá tener la consistencia, trabajabilidad y la uniformidad requeridas para la obra.

Cuando se empleen camiones mezcladores o agitadores, la descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y la colocación del concreto deberán ser completados en un tiempo máximo de una y media (1 1/2) horas, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados, salvo que el Interventor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas, el uso de aditivos o las características del equipo de transporte.

El concreto descargado de camiones mezcladores o de camiones agitadores, debe ser entregado con la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridos para la obra. La velocidad de descarga del concreto premezclado debe ser controlada por la velocidad de rotación del tambor en la dirección de la descarga con la canaleta o compuerta de descarga completamente abierta. Si es necesario agregar agua adicional a la mezcla para alcanzar o mantener el asentamiento especificado, sin exceder la relación agua/cemento requerida, se debe mezclar nuevamente el contenido del tambor, por un mínimo de veinte (20) revoluciones a la velocidad de mezclado, antes de proceder a la descarga del concreto.

El concreto puede ser transportado en camiones tipo volqueta u otro equipo provisto de agitadores, si los documentos del proyecto lo admiten o la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ aprueba por escrito esta posibilidad. En tal caso, los recipientes deberán ser metálicos, lisos en su interior, con las esquinas redondeadas, equipados con compuertas para controlar la descarga y provistos de cobertores adecuados para proteger el concreto contra la intemperie. El concreto transportado en estos equipos debe ser mezclado previamente y debe ser entregado con la consistencia y la uniformidad requeridas. La descarga en el punto de entrega debe ser completada en cuarenta y cinco minutos (45 min) desde que el cemento sea puesto en contacto con los agregados, lapso que el Interventor podrá variar según las condiciones climáticas del lugar o el uso de aditivos.

A su entrega en la obra, el Interventor rechazará todo concreto que haya desarrollado algún endurecimiento inicial, así como aquel que no sea entregado dentro del límite de tiempo aprobado o no tenga el asentamiento dentro de los límites especificados.

El concreto que por cualquier causa haya sido rechazado por el Interventor, deberá ser retirado de la obra y reemplazado por el Constructor, a su costa, por un concreto satisfactorio.

### **Preparación para la colocación del concreto**

Por lo menos cuarenta y ocho (48) horas antes de colocar concreto en cualquier lugar de la obra, el Constructor notificará por escrito al Interventor al respecto, para que éste verifique y apruebe los sitios de colocación.

La colocación no podrá comenzar, mientras la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ no haya aprobado el encofrado, el refuerzo, las partes embebidas y la preparación de las superficies que han de quedar contra el concreto. Dichas superficies se deberán encontrar completamente libres de suciedad, lodo, desechos, grasa, aceite, partículas sueltas y cualquier otra sustancia perjudicial. La limpieza puede incluir el lavado por medio de chorros de agua y aire, excepto para superficies de suelo o relleno, para las cuales este método puede no ser el adecuado.

Se deberá eliminar toda agua estancada o libre de las superficies sobre las cuales se va a colocar la mezcla y controlar que, durante la colocación de la mezcla y el fraguado, no se mezcle agua que pueda lavar o dañar el concreto fresco.

Las fundaciones en suelo contra las cuales se coloque el concreto, deberán ser humedecidas completamente, o recubrirse con una delgada capa de concreto, si así lo exige la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### **Colocación del concreto**

#### **Requisitos generales**

Esta operación se deberá efectuar en presencia del Interventor, salvo en determinados sitios específicos autorizados previamente por éste.

El concreto no se podrá colocar en instantes de lluvia, a no ser que el Constructor suministre cubiertas que, a juicio del Interventor, sean adecuadas para proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado.

Todo el concreto debe ser vaciado en horas de luz solar y su colocación en cualquier parte de la obra no se debe iniciar si no es posible completarla en dichas condiciones, a menos que se disponga de un adecuado sistema de iluminación, aprobado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El concreto no se debe exponer a la acción del agua antes del fraguado final, excepto lo que se dispone en el numeral 630.4.9 para el concreto depositado bajo agua. El concreto se deberá colocar en seco y durante su colocación o después de ella no deberá ser expuesto a la acción de aguas o suelos que contengan soluciones alcalinas, hasta pasado un periodo por lo menos de tres (3) días, o de agua salada hasta los siete (7) días. Durante este lapso, el concreto se deberá proteger bombeando el agua perjudicial fuera de las formaletas y ataguías.

En todos los casos, el concreto se deberá depositar lo más cerca posible de su posición final y no se deberá hacer fluir por medio de vibradores. Los métodos utilizados para la colocación del concreto deberán permitir una buena regulación de la mezcla depositada, evitando su caída con demasiada presión o chocando contra las formaletas o el refuerzo. Por ningún motivo se permitirá la caída libre del concreto desde alturas superiores a uno y medio metros (1.50 m).

Al verter el concreto, se removerá enérgica y eficazmente, para que las armaduras queden perfectamente envueltas; cuidando especialmente los sitios en que se reúna gran cantidad de ellas, y procurando que se mantengan los recubrimientos y separaciones de la armadura.

En todos los casos que sea difícil colocar el concreto junto a las formaletas debido a las obstrucciones producidas por el acero de refuerzo o por cualquier otra condición, se deberá procurar el contacto apropiado entre el concreto y las caras interiores de las formaletas, vibrando estas últimas por medio de golpes en sus superficies exteriores con mazos de caucho o madera o por medio de vibradores de formaleta.

En caso de usar equipos inclinados (canoas, canaletas) deben tener una longitud máxima de 7 m, manteniendo un flujo continuo a una velocidad uniforme del concreto con pendientes, según el asentamiento del concreto, norma de ensayo INV E-404, no sobrepasando los valores de la Tabla NORMAS 630 - 10.

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (mm)	PENDIENTE (V:H)
10 a 80	1:2
80 a 120	1:3

Tabla 630 – 10. Pendientes máximas de equipos según el asentamiento de concreto

No se permitirá la colocación de concreto al cual se haya agregado agua después de salir de la mezcladora. Tampoco se permitirá la colocación de la mezcla fresca sobre concreto total o parcialmente endurecido, sin que las superficies de contacto hayan sido preparadas como juntas, según se describe en el numeral correspondiente.

El Constructor deberá tener la precaución de no mover los extremos del refuerzo que sobresalga del concreto, por lo menos durante las primeras veinticuatro (24) horas luego de colocado el concreto.

A menos que los documentos del proyecto o el Interventor indiquen algo en contrario por el tipo de obra, el concreto se deberá colocar en capas continuas horizontales cuyo espesor no exceda de treinta centímetros (0.3 m).

Las descargas deberán sucederse una tras otra, debiendo cada una de ellas colocarse y compactarse antes de que la precedente haya alcanzado el fraguado inicial, para que no quede una separación entre las mismas. La superficie superior de cada capa de concreto se debe dejar algo áspera para lograr una liga eficiente con la capa subsiguiente. Cada capa superior deberá ser compactada de forma que se evite la formación de una junta de construcción entre ella y la capa inferior.

Las capas que se completen en un día de trabajo o que hayan sido colocadas poco antes de interrumpir temporalmente las operaciones, se deben limpiar de cualquier material objetable tan pronto como las superficies sean lo suficientemente firmes para retener su forma. En ningún caso se suspenderá o interrumpirá temporalmente el trabajo dentro de los cuarenta y cinco centímetros (45 cm) debajo de la parte superior de cualquier superficie, a menos que los detalles de la obra tengan en cuenta un coronamiento de menos de dicho espesor, en cuyo caso, la junta de construcción se puede hacer en la parte inferior de dicho coronamiento.

El método y la manera de colocar el concreto se deberán regular de forma que todas las juntas de construcción se coloquen en las zonas de bajo esfuerzo cortante y, en lo posible, en sitios que no sean visibles.

### **Colocación por bombeo**

La colocación del concreto por bombeo puede ser permitida dependiendo de la adaptabilidad del método a usar en la obra. El equipo se deberá disponer de manera que las vibraciones derivadas de su operación no deterioren el concreto recién colocado.

Al emplear bombeo mecánico, la operación de la bomba deberá ser tal, que se produzca una corriente continua del concreto, sin bolsas de aire. Cuando se terminen las operaciones de bombeo, en caso de que se vaya a usar el concreto que quede en las tuberías, éste se debe expeler de tal manera que no se contamine o se produzcan segregaciones.

Al emplear bombeo neumático, el equipo de bombeo se debe colocar la más cerca posible del depósito de concreto. Las líneas de descarga deberán ser horizontales o inclinadas hacia arriba respecto de la máquina de bombeo.

Cuando se utilice equipo de bombeo, siempre se deberá disponer de los medios alternativos para continuar la operación de colocación del concreto en caso de que se dañe la bomba. El bombeo deberá continuar hasta que el extremo de la tubería de descarga quede completamente por fuera de la mezcla recién colocada.

Los equipos de bombeo deberán ser limpiados cuidadosamente después de cada periodo de operación.

### **Colocación del agregado ciclópeo**

La colocación del agregado ciclópeo, se deberá ajustar al siguiente procedimiento:

La piedra, limpia y húmeda, se deberá colocar cuidadosamente a mano, sin dejarla caer por gravedad en la mezcla de concreto simple, para no causar daño a las formaletas, a las alcantarillas en el caso de cabezales o al concreto adyacente parcialmente fraguado.

En estructuras cuyo espesor sea inferior a ochenta centímetros (80 cm), la distancia libre entre piedras o entre una piedra y la superficie de la estructura, no será inferior a diez centímetros (10 cm). En estructuras de mayor espesor, la distancia mínima se aumentará a quince centímetros (15 cm). En estribos y pilas no se podrá usar agregado ciclópeo en los últimos cincuenta centímetros (50 cm) debajo del asiento de la superestructura o placa.

Si se interrumpe la fundición, al dejar una junta de construcción se deben dejar piedras sobresaliendo no menos de diez centímetros (10 cm) para formar una llave. Antes de continuar el vaciado del concreto se deberá limpiar la superficie donde se colocará el concreto fresco y humedecerse la misma con agua limpia.

El concreto ciclópeo no se deberá usar en estructuras cuya altura sea menor de sesenta centímetros (60 cm) y/o en las que el espesor sea inferior a treinta centímetros (30 cm).

La proporción máxima del agregado ciclópeo será el cuarenta por ciento (40 %) del volumen total de concreto.

### Colocación del concreto bajo agua

El concreto no deberá ser colocado bajo agua, excepto cuando así se especifique en los planos o lo autorice la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, quien efectuará una supervisión directa de los trabajos. En tal caso, el concreto tendrá un diez por ciento (10 %) de exceso de cemento, en peso, respecto del obtenido en el diseño de la mezcla.

Dicho concreto se deberá colocar cuidadosamente en su lugar, en una masa compacta, por medio de un tremie u otro método aprobado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Todo el concreto bajo el agua se deberá depositar en una operación continua.

No se deberá colocar concreto dentro de corrientes de agua y las formaletas diseñadas para retenerlo bajo el agua deberán ser impermeables. El concreto se deberá colocar de tal manera, que se logren superficies aproximadamente horizontales, y que cada capa se deposite antes de que la precedente haya alcanzado su fraguado inicial, con el fin de asegurar la adecuada unión entre las mismas.

### Vibración

El concreto colocado se deberá consolidar mediante vibración interna, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos. Durante la consolidación, el vibrador se deberá operar a intervalos regulares y frecuentes, en posición casi vertical y con su cabeza sumergida profundamente dentro de la mezcla.

Para lograr la compactación de cada capa antes de que se deposite la siguiente sin demorar la descarga, se debe usar un número suficiente de vibradores para consolidar el concreto que se está recibiendo, dentro de los quince (15) minutos siguientes a su colocación dentro de las formaletas. Para evitar demoras en el caso de averías, se debe disponer de un (1) vibrador auxiliar en el sitio de la obra para fundiciones individuales hasta de cincuenta metros cúbicos (50 m<sup>3</sup>) y dos (2) vibradores auxiliares para fundiciones de mayor volumen.

Las vibraciones se deben aplicar en el punto de descarga y donde haya concreto depositado poco antes. Los vibradores no deberán ser empujados rápidamente, sino que se permitirá que ellos mismos se abran camino dentro de la masa de concreto y se retirarán lentamente para evitar la formación de cavidades.

La vibración deberá ser tal, que el concreto fluya alrededor del refuerzo y otros elementos que deban quedar embebidos en el concreto y llegue hasta las esquinas de las formaletas.

La vibración no debe ser aplicada sobre el refuerzo, ni forzarse a secciones o capas de concreto que hayan endurecido a tal grado que el concreto no pueda volverse plástico por su revibración.

No se deberá colocar una nueva capa de concreto, si la precedente no está debidamente consolidada.

La vibración no deberá ser usada para transportar mezcla dentro de las formaletas, ni se deberá aplicar directamente a éstas o al acero de refuerzo, especialmente si ello afecta masas de mezcla recientemente fraguada.

Con el fin de obtener un concreto debidamente compactado, carente de cavidades, hormigueros y similares, la vibración mecánica deberá ser completada con la compactación manual que sea necesaria a lo largo de las superficies de las formaletas y en las esquinas y puntos donde sea difícil obtener una vibración adecuada.

Las dimensiones de las agujas de los vibradores de inmersión y, en general, los tiempos de vibrado deberán ser cuidadosamente controlados, de manera de obtener las densidades máximas sin sobre-vibrar.

### Juntas

Se deberán construir juntas de construcción, contracción y dilatación, con las características y en los sitios indicados en los planos de la obra o donde lo indique el Interventor. El Constructor no podrá introducir juntas adicionales o modificar el diseño de localización de las indicadas en los planos o aprobadas por el Interventor, sin la autorización de éste. En superficies expuestas, las juntas deberán ser horizontales o verticales, rectas y continuas, a menos que se indique lo contrario.

En general, se deberá dar un acabado pulido a las superficies de concreto en las juntas y se deberán utilizar para las mismas los rellenos, sellos o retenedores indicados en los planos.

### Agujeros para drenaje

Los agujeros para drenaje o alivio se deberán construir de la manera y en los lugares señalados en los planos. Los dispositivos de salida, bocas o respiraderos para igualar la presión hidrostática se deberán colocar más abajo que las aguas mínimas y también de acuerdo con lo indicado en los planos.

Los moldes para practicar agujeros a través del concreto pueden ser de tubería metálica, plástica o de concreto, cajas de metal o de madera. Si se usan moldes de madera, ellos deberán ser removidos después de colocado el concreto.

### Remoción de las formaletas y de la obra falsa

El tiempo de remoción de formaletas y obra falsa está condicionado por el tipo y la localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto.

Si las operaciones de campo no están controladas por pruebas de laboratorio, los valores de la Tabla 630 - 11 pueden ser empleados como guía para el tiempo mínimo requerido antes de la remoción de formaletas y soportes.

TIPO DE OBRA	TIEMPO MÍNIMO PARA REMOCIÓN DE FORMALETAS Y SOPORTES
Estructuras para arcos	14 días
Estructuras bajo vigas	14 días
Soportes bajo losas planas	14 días
Losas de piso	14 días
Placa superior en alcantarillas de cajón	14 días
Superficies de muros verticales	48 horas
Columnas	48 horas
Lados y vigas y todas las demás partes	24 horas

Tabla 630 – 11. Tiempo mínimo para remoción de formaletas y soportes

Si las operaciones de campo son controladas por ensayos de resistencia de cilindros de concreto, la remoción de formaletas y demás soportes se podrá efectuar al lograrse las resistencias fijadas en el diseño.

Los cilindros de ensayo deberán ser curados bajo condiciones iguales a las más desfavorables de la estructura que representan.

La remoción de formaletas y soportes se debe hacer cuidadosamente y en forma tal, que permita al concreto tomar gradual y uniformemente los esfuerzos debidos a su peso propio.

### **Acabado**

Todas las superficies de concreto deberán recibir un acabado inmediatamente después del retiro de las formaletas. El tipo de acabado dependerá de las características de la obra construida.

#### **Acabado ordinario**

Es el procedimiento usado para la mayoría de las estructuras. Inmediatamente después de remover las formaletas, toda la rebaba y salientes irregulares de la superficie del concreto se deberán cincelar a ras de la superficie. Todos los alambres y varillas que sobresalgan se deberán cortar, cuando menos, cinco milímetros (5 mm) bajo la superficie. Todas las cavidades pequeñas se deberán limpiar cuidadosamente, saturarse con agua y rellenarse con un mortero compuesto por una (1) parte de cemento hidráulico y dos (2) de arena, el cual deberá ser completamente apisonado en su lugar. En caso de cavidades mayores, se aplicará una capa delgada de pasta de cemento puro antes de colocar el mortero de relleno. Todos los remiendos deberán mantenerse húmedos por un período no menor de cinco (5) días.

Para el relleno de cavidades grandes o profundas se deberá incluir agregado grueso en el mortero de relleno.

Las zonas con hormigueros excesivos pueden ser causa de rechazo de la estructura, en cuyo caso el Constructor deberá demoler y reconstruir, a su costa, la parte afectada.

Todas las juntas de construcción y de dilatación en la obra terminada deben dejarse cuidadosamente trabajadas y quedar sin restos de mortero y concreto. El relleno de las juntas deberá quedar con los bordes limpios en toda su longitud.

#### **Acabado por frotado de superficie**

Tan pronto como se hayan removido las formaletas y lo permita la condición del concreto, se iniciará el frotado, empapando las superficies con agua, y frotándolas luego con una piedra de carborundo de mediana aspereza, esmerilando la superficie hasta formar una pasta.

La operación de frotado se debe continuar hasta que todas las señales dejadas por las formaletas y demás salientes e irregularidades hayan sido removidas y la superficie presente una textura lisa y un color uniforme.

En este proceso no se deberá emplear ninguna lechada de cemento ni enlucido de mortero.

La pasta producida por el frotamiento debe ser cepillada cuidadosamente o ser extendida uniformemente en una capa delgada sobre la superficie, dejándose que vuelva a fraguar. El acabado final se obtiene mediante un segundo frotado con una piedra de carborundo más fina.

Este sistema de acabado es prescriptivo para las barandas de concreto a las cuales hace referencia el Artículo 632, así como en las demás superficies en los cuales se requiera de manera explícita en los documentos del proyecto.

#### **Acabado de pisos de puentes**

Si el piso va a ser cubierto con una capa asfáltica, basta con asegurar que la superficie de concreto sea correctamente nivelada para que presente las pendientes transversales indicadas en los planos del proyecto.

Si el piso del puente se va a usar como capa de rodadura, deberá ser sometido a las operaciones de acabado descritas en el Artículo 500, para los pavimentos de concreto hidráulico.

### **Acabado de losas de pisos**

Si los documentos del proyecto no establecen otra cosa diferente, su acabado será como el descrito en el Artículo 500 para los pavimentos de concreto hidráulico, exceptuando el texturizado transversal final.

### **Acabado de andenes de concreto**

El concreto colocado y compactado deberá ser alisado con equipo similar al empleado en los pavimentos de concreto hidráulico. Los bordes y las juntas de dilatación se deberán acabar con una herramienta apropiada para ello.

Se deberá garantizar que la textura no sea resbaladiza cuando la superficie esté mojada.

### **Curado**

Inmediatamente después del retiro de las formaletas y del acabado de las superficies, el concreto se someterá a un proceso de curado que se prolongará a lo largo del plazo prefijado por el Interventor, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climáticas del lugar.

En general, los tratamientos de curado se deberán mantener por un período no menor de catorce (14) días después de terminada la colocación de la mezcla de concreto; en algunas estructuras no masivas, este período podrá ser disminuido, pero en ningún caso será menor de siete (7) días.

Se deben tomar todas las precauciones necesarias para proteger el concreto fresco contra las altas temperaturas y los vientos que puedan causar un secado prematuro y la formación de agrietamientos superficiales. De ser necesario, se colocarán cortinas protectoras contra el viento hasta que el concreto haya endurecido lo suficiente para recibir el tratamiento de curado.

El curado, mediante alguno de los sistemas mencionados en el numeral correspondiente, se realizará de conformidad con todo lo que resulte pertinente del Artículo 500, relativo al curado de los pavimentos de concreto hidráulico.

En la eventualidad de que se produzca un sismo durante el proceso de curado, el Constructor deberá tener especial cuidado en efectuar una revisión detallada del concreto colocado y de la estructura luego del sismo, informando al Interventor sobre cualquier daño motivado por el fenómeno. Sin perjuicio de ello, si así lo estimase el Interventor, se realizarán los ensayos que considere convenientes para verificar la calidad del concreto, pudiendo ordenar el retiro de éste si, a su juicio, los ensayos realizados revelaren alteraciones al concreto colocado.

### **Deterioros**

Todo concreto defectuoso o deteriorado deberá ser reparado o removido y reemplazado por el Constructor, según lo requiera la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Toda mano de obra, equipo y materiales requeridos para la remoción, reparación, reemplazo, acabado y curado del concreto defectuoso, serán suministrados por el Constructor, sin costo adicional para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### **Limpieza final**

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el Constructor deberá retirar del lugar toda obra falsa, materiales excavados o no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable para el Interventor, toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable.

### Limitaciones en la ejecución

La temperatura de la mezcla de concreto, inmediatamente antes de su colocación, deberá estar entre diez y treinta y dos grados Celsius (10° C – 32° C).

Cuando se pronostique una temperatura inferior a cuatro grados Celsius (4° C) durante el vaciado o en las veinticuatro (24) horas siguientes, la temperatura del concreto no podrá ser inferior a trece grados Celsius (13° C) cuando se vaya a emplear en secciones de menos de treinta centímetros (30 cm) en cualquiera de sus dimensiones, ni inferior a diez grados Celsius (10° C) para otras secciones.

La temperatura durante la colocación no deberá exceder de treinta y dos grados Celsius (32° C), para que no se produzcan pérdidas en el asentamiento, fraguado falso o juntas frías. Cuando la temperatura de las formaletas metálicas o de las armaduras exceda de cincuenta grados Celsius (50° C), se deberán enfriar mediante rociadura de agua, inmediatamente antes de la colocación del concreto.

La colocación del concreto en horas de la noche o en instantes de lluvia solo se permitirá si se cumplen las condiciones indicadas.

### Manejo ambiental

Todas las labores de ejecución de obras de concreto estructural se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

#### 1.4.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

##### Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, el transporte, la colocación, la consolidación, la ejecución de juntas, el acabado y el curado de las mezclas.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y en la mezcla de concreto durante el período de ejecución de las obras.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y medio ambiente.
- Tomar, de manera cotidiana, muestras de la mezcla elaborada para determinar su resistencia.
- Realizar medidas para determinar las dimensiones de la estructura y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de obra satisfactoriamente ejecutados.

##### Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

##### Calidad del cemento

Cada vez que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ lo considere necesario, ordenará o ejecutará los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

### **Calidad del agua**

Siempre que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ tenga alguna incertidumbre sobre su calidad, ordenará o ejecutará los ensayos relacionados en las Tablas 630 - 5 y 630 - 6; sólo la aceptará si se cumplen los límites establecidos en ellas.

### **Calidad de los agregados**

Se verificará mediante la ejecución de las mismas pruebas descritas en el Artículo 500. En cuanto a la frecuencia de ejecución, ella se deja al criterio del Interventor, de acuerdo con la magnitud de la obra bajo control. De dicha decisión se deberá dejar constancia escrita.

### **Calidad de los aditivos y de los productos químicos de curado**

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ deberá solicitar certificaciones a los proveedores de estos productos, donde garanticen su calidad y conveniencia de utilización.

### **Calidad de la mezcla**

#### Dosificación

La mezcla se deberá efectuar en las proporciones establecidas en la fórmula de trabajo, admitiéndose las siguientes variaciones en el peso de sus componentes (respecto a su propio peso):

- Agua, cemento y aditivos  $\pm 1 \%$
- Agregado fino  $\pm 2 \%$
- Agregado grueso hasta de 38 mm  $\pm 2 \%$
- Agregado grueso mayor de 38 mm  $\pm 3 \%$

La tolerancia del agua de mezclado se deberá medir con la tolerancia especificada, corregida según la condición de humedad de los agregados y la cantidad de aditivo líquido, si se usa.

Las mezclas dosificadas por fuera de estos límites serán rechazadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### Consistencia

Se controlará la consistencia de cada carga entregada, para lo cual se tomará una muestra representativa de ella que someterá al ensayo de asentamiento (INV E-404), cuyo resultado se deberá encontrar dentro de los límites indicados en los documentos del proyecto para cada clase de concreto, según lo mencionado en el numeral 630.4.2. En caso de no cumplirse este requisito, se rechazará la carga correspondiente. Por ningún motivo se permitirá la adición de agua al concreto elaborado para incrementar su asentamiento.

#### Resistencia

El concreto por evaluar se agrupará por lotes, entendiendo por lote el volumen de concreto de una misma clase, elaborado con la misma fórmula de trabajo, representado por un conjunto de muestras que se someterán a evaluación en forma parcial, como se describe a continuación.

Una parcialidad del lote estará constituida por el menor volumen resultante entre (i) cincuenta metros cúbicos (50 m<sup>3</sup>) y (ii) el volumen de concreto colocado en una jornada de trabajo.

De dicha parcialidad se tomará una muestra compuesta por cuatro (4) especímenes según el método descrito en la norma de ensayo INV E-401, con los cuales se fabricarán probetas cilíndricas según la norma INV E-402, para someterlas a ensayos de resistencia a compresión según la norma INV E-410. De ellas, se fallarán dos (2) a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, luego de ser sometidas al curado

normalizado. Los valores de resistencia a siete (7) días sólo se emplearán para verificar la regularidad de la calidad de la producción del concreto, mientras que los obtenidos a veintiocho (28) días se emplearán para la comprobación de la resistencia del concreto.

El promedio de la resistencia a compresión de los dos (2) especímenes tomados simultáneamente de una misma cochada, se considerará como el resultado de un ensayo (f i).

La resistencia de cada parcialidad del lote será considerada satisfactoria, si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

$f_i \geq (f'_c - k_1)$	[630.3]
$f_m \geq f'_c$	[630.4]

Donde:

f<sub>i</sub>: Resultado de un ensayo de resistencia a compresión a los veintiocho (28) días, en MPa.

f'<sub>c</sub>: Resistencia característica a compresión a los veintiocho (28) días, indicada en los planos del proyecto y utilizada para el diseño estructural de la obra, en MPa.

k<sub>1</sub>: Constante de evaluación. Para concretos con resistencia a la compresión a los veintiocho (28) días (f'<sub>c</sub>) menor o igual a 20 MPa, k<sub>1</sub> = 2.6 MPa; para concretos con resistencia a la compresión a los veintiocho (28) días (f'<sub>c</sub>) mayor o igual a 20 MPa, k<sub>1</sub> = 3.5 MPa.

f<sub>m</sub>: Valor promedio de resistencia a compresión a los veintiocho (28) días de tres (3) ensayos consecutivos (MPa). Cuando se trate de la primera muestra, su resultado se considerará como promedio y cuando se trate de la segunda, se tomará el promedio de las dos primeras.

El resultado de los cálculos de resistencia del concreto, en MPa, deberá ser aproximado a la décima, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823. Si en algún momento una o las dos exigencias recién indicadas son incumplidas, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ ordenará una revisión de la parte de la estructura que esté en duda, utilizando métodos idóneos para detectar las zonas más débiles y requerirá que el Constructor, a su costa, tome núcleos de dichas zonas, en acuerdo a la norma INV E-418.

Se deberán tomar tres (3) núcleos por cada valor no conforme. Si el concreto de la estructura va a permanecer seco en condiciones de servicio, los testigos se secarán al aire durante siete (7) días a una temperatura entre dieciséis y veintisiete grados Celsius (16° C a 27° C) y luego se probarán secos. Si el concreto de la estructura se va a encontrar húmedo en condiciones de servicio, los núcleos se sumergirán en agua por cuarenta y ocho (48) horas y se fallarán a continuación.

Se considerará aceptable la resistencia del concreto de la zona representada por los núcleos, si el promedio de la resistencia a compresión de los tres (3) núcleos, corregida por la esbeltez, es al menos igual al ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada en los planos (f'<sub>c</sub>), siempre que ningún núcleo tenga menos del setenta y cinco por ciento (75 %) de dicha resistencia.

Si los criterios de aceptación anteriores no se cumplen, el Constructor podrá solicitar que, a sus expensas, se hagan pruebas de carga en la parte dudosa de la estructura conforme lo especifica el reglamento ACI.

Si estas pruebas dan un resultado satisfactorio, se aceptará el concreto en discusión. En caso contrario, el Constructor deberá adoptar las medidas correctivas que solicite el Interventor, las cuales podrán incluir la demolición parcial o total de la estructura, si fuere necesario, y su posterior reconstrucción, a costa del Constructor, sin costo alguno para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Siempre que se produzcan rechazos se deberá reiniciar el promedio de las medias móviles (fm) para las evaluaciones subsiguientes.

### **Calidad del producto terminado**

#### **Desviaciones máximas admisibles en las dimensiones laterales**

- Vigas pretensadas y postensadas: -0.5 cm a + 1.0 cm
- Vigas, columnas, placas, pilas, muros y estructuras similares de concreto reforzado: -1.0 cm a +2.0 cm
- Muros, estribos y cimientos -2.0 cm a +5.0 cm

#### **Desplazamiento**

El desplazamiento de las obras, con respecto a la localización indicada en los planos, no podrá ser mayor que la desviación máxima positiva (+) indicada para las desviaciones en el numeral correspondiente.

#### **Otras tolerancias**

- Espesores de placas: -1.0 cm a + 2.0 cm
- Cotas superiores de placas y andenes: -1.0 cm a + 1.0 cm
- Recubrimiento del refuerzo:  $\pm 10\%$
- Espaciamiento entre varillas: -2.0 cm a + 2.0 cm

### **Regularidad de la superficie**

La superficie no podrá presentar irregularidades que superen los límites que se indican a continuación, al colocar sobre la superficie una regla de tres metros (3 m).

- Placas y andenes: 0.4 cm
- Otras superficies de concreto simple o reforzado: 1.0 cm
- Muros de concreto ciclópeo: 2.0 cm

### **Curado**

Toda fundida de concreto que no sea correctamente curada, puede ser rechazada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Si se trata de una superficie de contacto con fundidas subsecuentes de concreto, deficientemente curada, el Interventor podrá exigir la remoción de una capa hasta de cinco centímetros (5 cm) de espesor, por cuenta del Constructor, y su consecuente reposición con una mezcla satisfactoria, correctamente curada.

Todo concreto donde los materiales, mezclas y producto terminado excedan las tolerancias de esta especificación deberá ser corregido por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las indicaciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y a plena satisfacción de éste. Esta corrección podrá contemplar, inclusive, la demolición parcial o total de la estructura.

#### **1.4.6. Medida**

La unidad de medida del concreto estructural será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro

cúbico, de mezcla de concreto realmente suministrada, colocada y consolidada en obra, debidamente acabada y curada y aceptada a satisfacción por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud horizontal, medida a lo largo de la estructura, por el ancho y espesor especificados en los planos o modificados por el Interventor. No se medirá, para los fines de pago, ninguna obra ejecutada por fuera de las dimensiones o líneas establecidas en los documentos del proyecto u ordenadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

De los volúmenes calculados se deducirán los correspondientes a las tuberías de drenaje y elementos de acero, excepto los ocupados por el acero de refuerzo y de pre-esfuerzo.

#### **1.4.7. Forma de pago**

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y alquiler de las fuentes de las cuales se extraerán los agregados pétreos, así como el descapote y la preparación de las zonas por explotar y la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar sus características hidrológicas superficiales al terminar la explotación.

Deberá cubrir, también, todos los costos de construcción o mejoramiento de las vías de acceso a las fuentes, los de la explotación de ellas; la selección, la trituración, y el eventual lavado y la clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y las mezclas de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluyendo los aditivos.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos por concepto de patentes utilizadas por el Constructor; el suministro, instalación y operación de los equipos; la preparación de la superficie de las excavaciones si no está contemplada en el Artículo 600; el suministro de materiales y accesorios para las formaletas y la obra falsa y su construcción y remoción; el diseño y la elaboración de las mezclas de concreto, su cargue, transporte al sitio de la obra, colocación y vibrado; el suministro y la aplicación del producto para el curado del concreto terminado, la ejecución de juntas y de agujeros para drenaje, el acabado, la limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

También, deberá incluir el costo de la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, y los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Las obras de concreto que estén cubiertas por otro ítem de pago, tampoco se consideran incluidas en el presente Artículo. El acero de refuerzo se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 640 y el de preesfuerzo de acuerdo con el Artículo 641.

#### **ÍTEM DE PAGO**

630.4.1 Suministro, transporte e instalación de concreto clase d ( $f'c = 21$  MPa) para viga cabezal y anillo de confinamiento (m3)

630.4.2 Suministro, transporte e instalación de concreto clase d ( $f'c = 21$  MPa) para muro pantalla (m3)

630.4.3 Suministro, transporte e instalación de concreto clase d ( $f'c = 21$  MPa) para recubrimiento e inyección de gaviones (m3)

630.4.4 Suministro, transporte e instalación de concreto clase d ( $f'c = 21$  MPa) para pilas (m3)

630-P.10 Suministro, transporte e instalación de concreto neumático  $f'c = 28$  MPa en obras exteriores (m3)

630-P.11 Suministro, transporte e instalación de revestimiento de cunetas de suelo cemento con manto de concreto canvas de 5 mm (m3)

630-P.15 Suministro, transporte e instalación de clase d ( $f'c = 21$  MPa) para canales y pocetas (m3)

*Se ha actualizado el artículo íntegro a la normativa más reciente de 2013 puesto que la que se había incluido en el proyecto es la correspondiente a 2007.*

## 1.5. Art. 640. Acero de refuerzo

ART. 640	ACERO DE REFUERZO	UD
640.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y FIGURACIÓN DE ACERO DE REFUERZO DE 420 MPA (GRADO 60)	KG
640.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y FIGURACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA DE 420 MPA (GRADO 60)	KG

### 1.5.1. Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, corte, doblamiento y colocación de barras de acero en estructuras de concreto, en concordancia con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones y recomendaciones dadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### 1.5.2. Materiales

#### Barras de refuerzo

Deberán cumplir las que sean pertinentes de las siguientes normas, según se establezca en los planos del proyecto: NTC 161, NTC 248 y NTC 2289; AASHTO M-31 y ASTM A-706.

El refuerzo liso solo se permite en estribos, refuerzo de retracción y temperatura o refuerzo en espiral, siempre y cuando así esté contemplado en los planos del proyecto; no se puede utilizar como refuerzo longitudinal a flexión. No se permite acero liso en refuerzo longitudinal ni transversal de elementos que sean parte del sistema de resistencia sísmica, excepto en las espirales, si así lo indican los planos del proyecto.

#### Mallas electrosoldadas

Los alambres para mallas y las mallas en sí deberán cumplir con las siguientes normas, según se establezca en los planos del proyecto: NTC 1925 y NTC 2310; ASTM A-185 y ASTM A-497; AASHTO M- 32, AASHTO M- 55, AASHTO M-221 y AASHTO M-225.

En mallas de alambre liso, las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 300 mm, ni a más de 400 mm en mallas de alambre corrugado, excepto cuando las mallas se utilizan como estribos.

#### Masas teóricas de las barras de refuerzo

Para efectos de la comprobación de la designación y del pago de las barras, se considerarán las masas

unitarias que se indican en las Tablas 640 - 1 y 640 - 2-

Los números de designación, son iguales al número de octavos de pulgada del diámetro nominal de referencia. La letra M indica que son diámetros nominales en milímetros (mm).

BARRA	DIÁMETRO NOMINAL		MASA (kg/m)
	(mm)	(pulgadas)	
No. 2	6.4	¼	0.25
No. 3	9.5	⅜	0.56
No. 4	12.7	½	1.00
No. 5	15.7	⅝	1.55
No. 6	19.1	¾	2.24
No. 7	22.2	⅞	3.04
No. 8	25.4	1	3.97
No. 9	28.7	1 ⅛	5.06
No. 10	32.3	1 ¼	6.41
No. 11	35.8	1 ⅜	7.91
No. 14	43.0	1 ¾	11.38
No. 18	57.3	2 ¼	20.24

Tabla 640 – 1. Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en octavos de pulgada)

BARRA	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	MASA (kg/m)
6M	6.0	0.22
8M	8.0	0.39
10M	10.0	0.62
12M	12.0	0.89
16M	16.0	1.58
18M	18.0	2.00
20M	20.0	2.47
22M	22.0	2.98
25M	25.0	3.85
32M	32.0	6.31
45M	45.0	12.48
55M	55.0	18.64

Tabla 640 – 2. Masa de las barras por unidad de longitud (Diámetros basados en milímetros)

### 1.5.3. Equipo

Se requiere de equipo adecuado para el corte y el doblado de las barras de refuerzo.

Si se autoriza el empleo de soldadura, el Constructor deberá disponer del equipo apropiado para dicha labor y de personal capacitado para la misma. Se requiere, además, la certificación del fabricante del acero que indique que el producto es apto para ser soldado y que dé las recomendaciones para esta labor.

Se requieren, además, elementos que permitan asegurar correctamente el refuerzo en su posición, así como herramientas menores.

### 1.5.4. Ejecución de los trabajos

Se deberán tener en cuenta las exigencias del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes, en sus versiones vigentes, en todos los aspectos que resulten aplicables.

## Planos y despiece

Antes de cortar el material según las formas indicadas en los planos, el Constructor deberá verificar las listas de despiece y los diagramas de doblado. Si los planos no los muestran, las listas y los diagramas deberán ser preparados por el Constructor para someterlos a la aprobación de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, pero tal aprobación no exime a aquel de su responsabilidad por la exactitud de los mismos. En este caso, el Constructor deberá contemplar el costo de la elaboración de las listas y los diagramas mencionados, dentro de los precios de su oferta.

Si el Constructor desea replantear una junta de construcción en cualquier parte de una estructura para la cual el Interventor le haya suministrado planos de refuerzo y listas de despiece, y dicho replanteo es aprobado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, el Constructor deberá revisar, sin costo adicional para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, los planos y las listas de despiece que correspondan a la junta propuesta, y someter las modificaciones respectivas para aprobación DE la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, al menos treinta (30) días antes de la fecha prevista para el corte y el doblamiento del refuerzo para dicha parte de la obra. Si, por cualquier razón, el Constructor no cumple con este replanteo, la junta y el refuerzo correspondiente deberán ser dejados sin modificación alguna, según se muestre en los planos suministrados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

## Suministro y almacenamiento

Todo envío de acero de refuerzo que llegue al sitio de la obra o al lugar donde vaya a ser doblado, deberá estar identificado con etiquetas en las cuales se indiquen la fábrica, el grado del acero y el lote o colada correspondiente.

El acero deberá ser almacenado en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado y deberá ser protegido, hasta donde sea posible, contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y de ambientes corrosivos.

## Doblamiento

Las barras de refuerzo deberán ser dobladas en frío, de acuerdo con las listas de despiece aprobadas por el Interventor. Los diámetros mínimos de doblamiento, medidos en el interior de la barra, con excepción de flejes y estribos, no deben ser menores que los indicados en la Tabla 640 - 3.

El diámetro mínimo de doblamiento para estribos de barras No. 5 y 16M o menores no debe ser menos de cuatro (4) veces el diámetro. Para barras mayores a la No. 5 y 16M se doblarán con los diámetros mínimos establecidos en la Tabla 640 - 3.

El doblamiento de las barras se realizará en frío y a una velocidad moderada. Deberá evitarse el doblado de barras a temperaturas inferiores a cinco grados centígrados (5° C).

## Colocación y amarre

Todo acero de refuerzo al ser colocado en la obra y antes de la fundición del concreto, deberá estar libre de polvo, escamas de óxido, rebabas, pintura, aceite, grasa o cualquier otro tipo de suciedad que pueda afectar la adherencia del acero en el concreto. Todo mortero seco deberá ser quitado del acero.

NÚMERO DE BARRA	DIÁMETRO MÍNIMO
2 a 8 6M a 25M	6 diámetros de la barra
9 a 11 32M	8 diámetros de la barra
14 y 18 45M y 55M	10 diámetros de la barra

Tabla 640 - 3 Diámetro mínimo de doblamiento

Las barras deberán ser colocadas con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los planos, y deberán ser aseguradas firmemente en las posiciones señaladas, de manera que no sufran desplazamientos durante la colocación y el fraguado del concreto. La posición del refuerzo dentro de las formaletas deberá ser mantenida por medio de tirantes, bloques, silletas de metal, espaciadores o cualquier otro soporte aprobado. Los bloques deberán ser de mortero de cemento prefabricado, de calidad, forma y dimensiones aprobadas. Las silletas de metal que entren en contacto con la superficie exterior del concreto, deberán ser galvanizadas. No se permitirá el uso de guijarros, fragmentos de piedra o de ladrillo, tubería de metal o bloques de madera.

Las barras se deberán amarrar con alambre en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de 300 mm, para lo cual se amarrarán alternadamente. El alambre usado para el amarre deberá ser del tipo negro calibre número dieciocho (No. 18). No se permitirá la soldadura en las intersecciones de las barras de refuerzo.

Si el refuerzo de malla se suministra en rollos para ser usados en superficies planas, la malla deberá ser enderezada en láminas planas, antes de su colocación.

Cuando se coloquen dos o más filas de barras, las de las filas superiores deberán colocarse directamente encima de las de la fila inferior y la separación libre entre filas no deberá ser menor de veinticinco milímetros (25 mm).

Cuando se coloquen dos o más filas (o capas) de barras, las barras superiores deberán colocarse directamente encima de las inferiores y la separación libre entre filas no deberá ser menor de treinta y cinco milímetros (35 mm), no menor que el diámetro de la barra, ni menor de uno con treinta y tres (1.33) veces el tamaño del agregado grueso.

Estos requisitos se deberán cumplir, también, en la separación libre entre un empalme por traslapo y otros empalmes u otras barras.

Además, se deberán obtener los recubrimientos mínimos especificados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes.

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ deberá revisar y aprobar el refuerzo de todas las partes de las estructuras, antes de que el Constructor inicie la colocación del concreto.

### Traslapos y uniones

Los traslapos de las barras de refuerzo deberán cumplir los requisitos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes; los traslapos se efectuarán en los sitios mostrados en los planos o donde lo indique el Interventor, debiendo ser localizados de acuerdo con las juntas del concreto.

El Constructor podrá introducir traslapos y uniones adicionales, en sitios diferentes a los mostrados en los planos, siempre y cuando dichas modificaciones sean aprobadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, que los traslapos y uniones en barras adyacentes queden alternados según lo exija éste, y que el costo del refuerzo adicional requerido sea asumido totalmente por el Constructor.

En los traslapos, las barras deberán quedar colocadas en contacto entre sí, amarrándose con alambre, de manera que mantengan la alineación y su espaciamiento dentro de las distancias libres mínimas especificadas en relación a las demás varillas y a las superficies del concreto.

El Constructor podrá reemplazar las uniones traslapadas por uniones soldadas empleando soldadura que

cumpla las normas de la American Welding Society, AWS D1.4. En tal caso, los soldadores y los procedimientos deberán ser precalificados por el Interventor de acuerdo con los requisitos de la AWS y las juntas soldadas deberán ser revisadas radiográficamente o por otro método no destructivo que esté contemplado por la práctica. El costo de este reemplazo y el de las pruebas de revisión del trabajo así ejecutado, correrán por cuenta del Constructor.

Las láminas de malla o parrillas de varillas se deberán traslapar suficientemente entre sí, para mantener una resistencia uniforme y se deberán asegurar en los extremos y bordes. El traslape de borde deberá ser, como mínimo, igual a un (1) espaciamiento en ancho.

### **Cuantías del refuerzo**

Se deben cumplir en toda sección de un elemento estructural las disposiciones de cuantías máximas y mínimas establecidas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes.

### **Sustituciones**

La sustitución de cuantías de refuerzo sólo se podrá efectuar con autorización de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. En tal caso, el acero sustituido deberá tener un área y perímetro equivalentes o mayores que el área y perímetro de diseño, sin exceder los límites establecidos en el numeral correspondiente.

### **Manejo ambiental**

El suministro, almacenamiento, transporte e instalación del acero de refuerzo efectivamente colocado en la estructura, así como el manejo de los desperdicios ocasionados, deberá realizarse en un todo de acuerdo con la normatividad ambiental vigente.

#### **1.5.5. Condiciones para el recibo de los trabajos**

##### **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Verificar que el corte, doblado, colocación y cuantía del refuerzo se efectúen de acuerdo con los planos, con esta especificación y con sus instrucciones.
- Vigilar la regularidad del suministro del acero durante el periodo de ejecución de los trabajos.
- Verificar que cuando se sustituya el refuerzo indicado en los planos, se utilice acero de área y perímetro iguales o superiores a los de diseño.
- Efectuar las medidas correspondientes para el pago del acero de refuerzo correctamente suministrado y colocado.

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ solicitará al Constructor copia certificada de los análisis químicos y pruebas físicas realizadas por el fabricante a muestras representativas de cada suministro de barras de acero

### **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

#### **Calidad del acero**

Las barras y mallas de refuerzo deberán ser ensayadas en fábrica y sus resultados deberán satisfacer los requerimientos de las normas correspondientes NTC, AASHTO o ASTM relacionadas en el numeral correspondiente.

El Constructor deberá suministrar al Interventor una certificación de los resultados de los análisis químicos y pruebas físicas realizadas por el fabricante para el lote correspondiente en cada envío de refuerzo a la obra. En caso de que el Constructor no cumpla con este requisito, el Interventor ordenará, a expensas de aquel, la ejecución de todos los ensayos que considere necesarios sobre el refuerzo, antes de aceptar su utilización.

Cuando se autorice el empleo de soldadura para las uniones, su calidad y la del trabajo ejecutado se verificarán de acuerdo con lo indicado en el numeral correspondiente.

Las varillas que tengan fisuras o hendiduras en los puntos de flexión serán rechazadas.

### **Calidad del producto terminado**

Se aceptarán las siguientes tolerancias en la colocación del acero de refuerzo:

#### Desviación en el espesor de recubrimiento:

- Con recubrimiento menor o igual a cincuenta milímetros (< 50 mm): cinco milímetros (5 mm).
- Con recubrimiento superior a cincuenta milímetros (> 50 mm): diez milímetros (10 mm).

#### Desviación en los espaciamientos prescritos:

Se deberá cumplir lo indicado en el numeral correspondiente.

### Área

No se permitirá la colocación de acero con áreas y perímetros inferiores a los de diseño.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de esta especificación, deberá ser corregido por el Constructor, sin costo alguno para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, de acuerdo con procedimientos aceptados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y a plena satisfacción de ésta.

### **1.5.6. Medida**

La unidad de medida será el kilogramo (kg), aproximado al décimo de kilogramo, de acero de refuerzo para estructuras de concreto realmente suministrado y colocado en obra y debidamente aceptado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La medida no incluye el peso de soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio; ni los empalmes adicionales a los indicados en los planos, que hayan sido autorizados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, para conveniencia del Constructor.

Tampoco se medirá el acero específicamente estipulado para pago en otras unidades de obra del contrato.

Si se sustituyen barras a solicitud del Constructor y como resultado de ello se usa más acero del que se ha especificado, no se medirá la cantidad adicional.

La medida para barras se basará en la masa computada para los tamaños y longitudes de barras utilizadas, usando las masas unitarias indicadas en las Tablas 640 - 1 y 640 - 2.

La medida para malla de alambre será el producto del área en metros cuadrados de malla efectivamente incorporada y aceptada en la obra por su masa real en kilogramos por metro cuadrado (kg/m<sup>2</sup>), aproximado

al kilogramo completo. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en los planos del proyecto o las ordenadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### 1.5.7. Forma de pago

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, ensayos, transportes, almacenamiento, corte, desperdicios, doblamiento, limpieza, colocación y fijación del refuerzo y por toda mano de obra, materiales, patentes, equipos e imprevistos necesarios para terminar correctamente el trabajo, de acuerdo con los planos, con esta especificación y con las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá incluir, también, todos los costos por concepto de elaboración de listas de despiece y diagramas de doblado cuando ellos no hayan sido suministrados, por el suministro e instalación de abrazaderas, separadores, silletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el refuerzo en su sitio, así como los de la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, la administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

No habrá lugar a pago separado por el acero de refuerzo para concreto colocado con el propósito de reemplazar estructuras de concreto que se deterioren o queden defectuosas o en el concreto que el Constructor haya utilizado para su conveniencia con o sin autorización de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Tampoco se pagará por separado el acero cuyo pago se haya estipulado en otras unidades de obra del Contrato, ni por los trabajos de soldadura que se autoricen para uniones soldadas en reemplazo de uniones traslapadas.

#### ÍTEM DE PAGO

640.1 Suministro, transporte, instalación y figuración de acero de refuerzo de 420 MPA (Grado 60) (kg)

640.2 Suministro, transporte instalación y figuración de malla electrosoldada de 420 MPA (Grado 60) (kg)

*Se ha actualizado el artículo íntegro a la normativa más reciente de 2013 puesto que la que se había incluido en el proyecto es la correspondiente a 2007.*

### 1.6. Art. 673. Subdrenes con geotextil y material granular

ART. 673	SUBDRENES CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR	
673.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MATERIAL GRANULAR FILTRANTE. INCLUYE TRANSPORTE DE MATERIALES HASTA LA OBRA.	M3

### 1.6.1. Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de subdrenes con geotextil y material granular, en los sitios señalados en los planos del proyecto o indicados por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

La colocación de un geotextil en contacto con el suelo permite el paso del agua, a largo plazo, dentro del sistema de drenaje subsuperficial, reteniendo el suelo adyacente. Las características del geotextil para filtración serán función de la gradación del suelo del sitio y de las condiciones hidráulicas del mismo.

El presente Artículo establece los criterios y procedimientos para garantizar la calidad del geotextil y su supervivencia frente a los esfuerzos producidos durante la instalación, de conformidad con los planos del proyecto o las instrucciones de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Si los documentos especifican el suministro e instalación de una capa de arena de filtro entre el suelo y el geotextil y/o la instalación de una tubería perforada dentro del material filtrante, estos aspectos deberán ser objeto de una especificación particular.

### 1.6.2. Materiales

#### Geotextil

En general, se podrán emplear geotextiles cuyas fibras estén elaboradas a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del 95 % en masa de poliolefinas o poliéster; la misma composición aplica para los hilos de las costuras. Las fibras del geotextil deberán conformar una red estable que mantenga la estabilidad dimensional entre ellas, incluyendo los bordes.

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil serán los establecidos en los documentos del proyecto en función de las características y condiciones del mismo y los procedimientos de instalación, así como de la granulometría, de la plasticidad y de las condiciones hidráulicas del suelo.

En este numeral se indican las propiedades mínimas que deberá tener el geotextil para aplicaciones rutinarias de separación y drenaje.

El geotextil escogido en el diseño deberá tener las siguientes características de comportamiento:

- Deberá tener la capacidad para dejar pasar el agua, a largo plazo, hacia el material drenante.
- Deberá retener las partículas de suelo en su sitio y prevenir su movimiento a través del geotextil.
- Si algunas partículas de suelo se mueven, el geotextil deberá dejarlas pasar sin que se obstruyan los poros del mismo o se forme una película que restrinja el paso del agua.

Se deberán usar geotextiles no tejidos o tejidos, siempre y cuando estos últimos no sean de hilos o cintas planas; dependiendo de las condiciones hidráulicas y del suelo, así como de la función definida en el diseño, podrá ser preferible usar uno u otro tipo de geotextil, para lo cual se deberán tener en cuenta las indicaciones dadas en la siguiente publicación:

- – FHWA NHI-07-092, NHI Course No. 132013, Geosynthetic Design & Construction Guidelines (Guías para el diseño y construcción con geosintéticos)

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR). El valor mínimo promedio por rollo (VMPR) es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del 97.7 % de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el valor VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deberán satisfacer los requisitos establecidos en este Artículo.

### **Propiedades mecánicas**

Las propiedades de resistencia de los geotextiles dependen de los requerimientos de supervivencia y de las condiciones y de los procedimientos de instalación. Las propiedades mecánicas para condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 673 - 1 en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR).

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO (VMPR)	
		GEOTEXTILES TEJIDOS	GEOTEXTILES NO TEJIDOS
Elongación	D 4632	< 50%	> 50%
Resistencia a la tensión Grab (N), valor mínimo	D 4632	1100	700
Resistencia a la costura (N), valor mínimo	D 4632	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro (N), valor mínimo	D 6241	2200	1375
Resistencia al rasgado trapezoidal (N), valor mínimo (Nota 1)	D 4533	400	250

Tabla 673 – 1. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR (Medidas en el sentido más débil del geotextil)

Nota 1: El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 250 N.

### **Propiedades hidráulicas y de filtración**

Las propiedades hidráulicas y de filtración mínimas que deberá cumplir el geotextil se indican en la Tabla 673 - 2 en términos de valores mínimos promedio por rollo (VMPR); estas propiedades están en función del contenido de finos (porcentaje de suelo que pasa el tamiz No. 200) del suelo que va a quedar en contacto con el geotextil.

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto podrán especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo ASTM D 4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo) y/o de ensayos de comportamiento basados en los diseños para sistemas de drenaje en condiciones de suelos problemáticos.

Se requerirán diseños particulares del geotextil para drenaje y filtración especialmente para las siguientes condiciones de suelos problemáticos: suelos inestables o altamente erosionables, tales como limos no cohesivos; suelos de gradación discontinua; suelos estratificados con alternancia de capas arenosas y limosas; suelos dispersivos o polvo de roca.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	PORCENTAJE DE SUELO PASA TAMIZ 0.075 mm (No. 200) (Nota 1)		
		< 15	15 a 50	> 50
		REQUISITO (VMPR)		
Permitividad, valor mínimo (s-1 ). (Nota 3)	D 4491	0.5	0.2	0.1

Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 3)	D 4751	0.43 (Tamiz No. 40)	0.25 (Tamiz No. 60)	0.22 (Tamiz No. 70) (Nota 2)
Estabilidad ultravioleta después de 500 h de exposición, valor mínimo	D 4355	50 %		

Tabla 673 – 2. Propiedades hidráulicas y de filtración mínimas del geotextil en términos de VMPR

Nota 1: El porcentaje de suelo que pasa el tamiz No. 200 corresponde a la fracción de la granulometría (norma de ensayo INV E-123) del suelo aguas arriba del geotextil.

Nota 2: El valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo. Para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a siete (7), el valor máximo promedio por rollo de tamaño de abertura aparente deberá ser de treinta centésimas de milímetro (0.30 mm).

Nota 3: Estos valores de las propiedades de filtración se basan en la granulometría predominante del suelo.

### **Control de calidad de la producción**

El fabricante de los geotextiles deberá contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, deberá estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación GAI-LAP del Instituto de Acreditación de Geosintéticos, GAI.

El fabricante o proveedor deberá suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

### **Material granular drenante**

Podrá provenir de la trituración de roca o ser de cantos rodados, o una mezcla de ambos, y estará constituido por fragmentos duros y resistentes a la acción de los agentes del intemperismo. Además, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

#### **Granulometría**

El material drenante deberá estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de setenta y cinco milímetros (3") y el tamiz de diecinueve milímetros (3/4"). No se requiere ninguna gradación especial, permitiéndose el uso de fragmentos de un solo tamaño. Las partículas podrán ser angulares o redondeadas o una combinación de ellas

#### **Calidad de las partículas minerales**

El material deberá estar libre de partículas finas y de material orgánico. En la Tabla 673 - 3 se indican los requisitos que deberá cumplir el material granular para filtros.

### **Material de cobertura**

El material de cobertura para el subdrén deberá cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto; podrá ser material proveniente de la excavación; material impermeable, con contenido de finos

(% que pasa el tamiz No. 200) mínimo de 35% e índice de plasticidad mínimo de 10 %; material de recebo o material granular tipo SBG del Artículo 610.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (%)	E-219	< 40
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos:	E-220	
- Sulfato de sodio (%)		< 12
- Sulfato de magnesio (%)		< 18
Limpieza (F)		
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	0.25
Partículas livianas, máximo (%)	E-221	1.0
Contenido de materia orgánica (%)	E-121	0

Tabla 673 – 3. Requisitos del material granular drenante

### 1.6.3. Equipo

Se deberá disponer de los equipos necesarios para colocar el geotextil y para explotar, triturar, procesar, cargar, transportar, colocar y compactar el material drenante. También para colocar y compactar el material que sellará el filtro, así como para su explotación, trituración, procesamiento, cargue y transporte.

### 1.6.4. Ejecución de los trabajos

#### Generalidades

El Interventor exigirá al Constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada programación entre las actividades de apertura de la excavación y de construcción del subdrén, de manera que aquella quede expuesta el menor tiempo posible para evitar que el material in-situ alrededor de la excavación pierda sus condiciones iniciales.

Las labores de explotación de materiales y elaboración de agregados para el material drenante y material de cobertura diferente al material de excavación se deberán ejecutar de acuerdo con lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”.

Será responsabilidad del Constructor la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la cual deberá ser visible durante las veinticuatro (24) horas del día.

#### Preparación del terreno

La construcción del subdrén solo será autorizada por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ cuando la excavación haya sido terminada, de acuerdo con las dimensiones, las pendientes, las cotas y las rasantes indicadas en los planos del proyecto o las ordenadas por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ. La excavación se deberá ejecutar de acuerdo con lo indicado en el Artículo 600 “Excavaciones Varias” de estas especificaciones.

#### Condiciones normales de instalación del geotextil

El geotextil se deberá colocar cubriendo totalmente la parte inferior y las paredes laterales de la excavación, evitando que se produzcan arrugas y asegurando el contacto permanente con el suelo, sin que queden

vacíos entre geotextil y suelo. Se deberá dejar por encima la cantidad de geotextil suficiente para que, una vez se acomode el material drenante, se cubra en su totalidad con un traslapeo mínimo de treinta centímetros (0.30 m) o mediante la realización de una costura industrial. Los tramos sucesivos de geotextil se traslaparán longitudinalmente cuarenta y cinco centímetros (0.45 m) como mínimo y se deberá traslapar o coser el geotextil aguas arriba sobre el geotextil aguas abajo.

El Constructor deberá tener el suficiente cuidado durante el manejo e instalación del geotextil, de manera que éste no se contamine. Si el geotextil se contamina, el Constructor deberá removerlo y reemplazarlo con material nuevo, sin costo adicional para la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres (3) días.

### Elaboración de costuras

Las costuras deberán cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo deberá ser kevlar, aramida, polietileno, poliéster o polipropileno. No se permitirán hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se permitirán aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en peso, de fibras naturales. Tampoco se permitirán costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada podrá ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada deberá ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 – 200) puntadas por metro lineal.
- La tensión del hilo se deberá ajustar en el campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies a coser. Si se hace la costura a mano, se deberán tener los cuidados necesarios para que al pasar el hilo, el rozamiento no “funda” las fibras del geotextil.
- Dependiendo del tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se podrá realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.
- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo con la norma ASTM D 4632, deberá ser, como mínimo, el 90 % de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo, medida de acuerdo a la misma norma de ensayo

### Colocación del material granular drenante

El material drenante se colocará dentro de la zanja en capas con el espesor autorizado por el Interventor y empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la excavación. La compactación del material drenante se deberá realizar utilizando procedimientos apropiados, buscando el acomodamiento de las partículas y el contacto permanente y completo entre el geotextil y el suelo.

Para las condiciones normales de instalación, la altura máxima de caída del material no deberá exceder un metro (1 m).

El relleno de material drenante se llevará a cabo hasta la altura indicada en los planos o la autorizada por el Interventor.

### Cobertura del subdrén

Completado el relleno del subdrén con el material drenante, éste se cubrirá totalmente con el geotextil haciendo los traslapes o las costuras según lo especificado en este Artículo.

El geotextil se cubrirá inmediatamente con el tipo de material especificado en los documentos del proyecto, que cumpla con los requisitos pertinentes entre los mencionados.

El material de cobertura se colocará y compactará en capas sucesivas de espesor no mayor a quince centímetros (15 cm), hasta la altura requerida en los planos u ordenada por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ. La densidad seca del material de cobertura, una vez compactado, deberá ser igual o mayor al noventa y cinco por ciento (95 %) de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado, según la norma INV E-142, corregida por la presencia de sobretamaños, si se requiere, según la norma de ensayo INV E-143.

### Control del tránsito

El Constructor deberá instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deberán garantizar la permanente seguridad del tránsito de vehículos y equipos de construcción.

### Limitaciones en la ejecución

No se permitirá adelantar los trabajos objeto del presente Artículo cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco grados Celsius (5° C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, este podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

### Reparaciones

Todos los defectos que se presenten en excavación de la zanja; en la extensión, en los traslapes, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la colocación y compactación tanto del material drenante como de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deberán ser corregidos por el Constructor, de acuerdo con las instrucciones de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, sin costo alguno esta.

### Manejo ambiental

Todas las labores de fabricación de subdrenes con geotextil y material granular se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los documentos o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

#### 1.6.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

### Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Constructor.
- Verificar que las excavaciones tengan las dimensiones y pendientes señaladas en los planos o las ordenadas por el Interventor, antes de iniciar la construcción del filtro.
- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos exigidos por la presente especificación.

- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados durante el período de ejecución de la obra.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la elaboración y la colocación de los agregados, la colocación del geotextil y la colocación de la capa de cobertura del subdrén.
- Supervisar la correcta disposición de los materiales sobrantes en los sitios definidos para este fin.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y al material granular drenante. Los ensayos de control relacionados con el geotextil se deberán hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759.

La ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

### Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

#### **Calidad del geotextil**

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en las Tablas 673 - 1 y 673 - 2. La ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ ni implica, necesariamente, la aceptación de la entrega.

Además, la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ deberá escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 y 600 m<sup>2</sup>) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m<sup>2</sup>).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal (1 ml) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se determinará de conformidad con las normas de ensayo ASTM D 4354 y ASTM D 4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deberán empaquetar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en las Tablas 673 - 1 y 673 - 2.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tablas 673 - 1 y 673 - 2. Por ningún motivo se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

#### **Calidad del material granular drenante y de los materiales de cobertura distintos al material de excavación**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se verificará su calidad y granulometría, según los requisitos indicados en los numerales 673.2.2 y 673.2.3. Los resultados deberán satisfacer las exigencias allí establecidas; si los materiales no cumplen con la totalidad de los requisitos serán rechazados.

Durante la etapa de producción, la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ examinará las descargas de los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y al mínimo especificados.

#### **1.6.6. Medida**

##### **Geotextil**

La unidad de medida del geotextil será el metro cuadrado ( $m^2$ ), aproximado a la décima de metro cuadrado, de geotextil medido en obra, colocado de acuerdo con los planos y esta especificación y debidamente aceptado por el Interventor. No se medirán los traslajos.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823

##### **Material granular drenante**

La unidad de medida del material granular drenante será el metro cúbico ( $m^3$ ), aproximado a la décima de metro cúbico, de material suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de la misma y por la altura de colocación del material drenante indicadas en los planos del proyecto o autorizados por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

##### **Materiales de cobertura**

La unidad de medida del material de cobertura será el metro cúbico ( $m^3$ ), aproximado a la décima de metro cúbico, de material suministrado y colocado en obra, debidamente aceptado por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando la longitud de la zanja, medida a lo largo del eje del subdrén, por el ancho de la misma y por la altura de colocación del material de cobertura indicados en los planos del proyecto o autorizados por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### **1.6.7. Forma de pago**

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda obra ejecutada, de acuerdo con los planos y esta especificación, y aceptada a satisfacción por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario del ítem 673.1, Geotextil, deberá incluir el suministro del geotextil en obra, su almacenamiento, transportes, colocación, costuras; traslajos y desperdicios.

El precio unitario del ítem 673.2, Material granular drenante, deberá incluir los costos del suministro, equipos y mano de obra para la adecuada colocación y compactación del material en la zanja del subdrén; la obtención de permisos de explotación del material; la extracción y eventual trituración y/o lavado; la clasificación del material; cargues; transportes; descargues; almacenamiento; la adecuada disposición de los materiales sobrantes de todo el proceso de fabricación del subdrén; la señalización y el control del

tránsito durante la etapa de construcción y en general todos los costos necesarios para la correcta ejecución de la unidad de obra correspondiente a esta especificación.

El precio unitario del ítem 673.3, Material de cobertura, deberá incluir todos los conceptos de costo enunciados para el ítem “673.2 Material granular drenante”, excepto la disposición de los materiales sobrantes de todo el proceso de fabricación del subdrén y la señalización y control del tránsito durante la etapa de construcción, conceptos ya incluidos en el ítem 673.2.

En todos los casos, el precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se excluyen del precio unitario de los ítems anteriores la excavación de las zanjas, la cual se pagará de acuerdo con el Artículo 600, “Excavaciones varias”.

### ÍTEM DE PAGO

671.1 SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MATERIAL GRANULAR FILTRANTE. INCLUYE TRANSPORTE DE MATERIALES HASTA LA OBRA. (m3)

*Se ha actualizado el artículo íntegro a la normativa más reciente de 2013 puesto que la que se había incluido en el proyecto es la correspondiente a 2007.*

## 1.7. Art. 674. Drenes horizontales en taludes

ART. 674	DRENES HORIZONTALES EN TALUDES	UD
674.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE DREN HORIZONTAL DE LONGITUD MAYOR A DIEZ (10) METROS	M

### 1.7.1. Descripción

Los drenes horizontales de penetración transversal constituyen un sistema de subdrenaje, que consiste en la introducción de tuberías ranuradas insertadas transversalmente en los taludes de cortes y eventualmente en terraplenes, para aliviar la presión de poros.

Este trabajo consiste en la perforación de barrenos en los taludes del proyecto, y la instalación de tubería perforada de drenaje dentro de los mismos, con o sin recubrimiento de geotextil, en los sitios establecidos en los planos o en los que indique el Interventor.

### 1.7.2. Materiales

Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo en contrario, la tubería de drenaje será de poli(cloruro de vinilo) (PVC), norma ASTM D 1785, con diámetro interior de cincuenta milímetros (50 mm), Schedule 80, perforada de acuerdo con lo establecido en los planos o las instrucciones de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

En el caso de que se requiera la utilización de un geotextil para el recubrimiento externo de la tubería, éste deberá cumplir con lo que se especifique en los documentos del proyecto; como mínimo, deberá cumplir con lo que sea pertinente en el Artículo 673.

### 1.7.3. Equipo

El equipo que se utilice para la instalación de drenes de penetración transversal, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto y en cantidad suficiente para producir el rendimiento establecido en el programa de trabajo, siendo responsabilidad del Constructor su selección pero deberá contar con la aprobación de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ. Dicho equipo deberá ser mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado.

El equipo deberá ser el adecuado para perforar barrenos en cualquier dirección y en profundidad hasta de treinta (30) metros. Podrá ser equipo ligero rotatorio o a percusión con martinete en el frente (down the hole), que permita obtener perforaciones con diámetros de cincuenta milímetros (50 mm) a ciento cincuenta milímetros (150 mm), en suelo o en roca.

Las plataformas contarán con canastillas telescópicas, de accionamiento hidráulico o neumático, cuya versatilidad de movimientos permitan acercar y retirar el equipo, materiales y personal para la perforación e instalación de los drenes de penetración transversal.

### 1.7.4. Ejecución de los trabajos

#### Trabajos previos

Previamente a la perforación de los barrenos, éstos se ubicarán mediante el auxilio de trazos topográficos, con base en la distribución espacial establecida en el proyecto.

Inmediatamente antes de iniciar los trabajos, la superficie sobre la que se instalarán los drenes horizontales se deberá encontrar limpia y libre de zonas que puedan presentar riesgos de desprendimientos. No se permitirá la instalación de drenes de penetración transversal sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### Ejecución de las perforaciones e instalación del dren

En general, la instalación de los drenes horizontales se hará de acuerdo a la ubicación indicada en los planos del proyecto; sin embargo, la ubicación exacta se determinará conforme se acuerde con la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El esvaje y la inclinación de las tuberías horizontales serán los establecidos en el proyecto o aprobados por el Interventor, pudiéndose realizar los últimos ajustes en campo, según las condiciones del terreno en el punto de instalación de cada dren.

Si, a juicio de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados durante la ejecución del trabajo, éste se suspenderá inmediatamente en tanto que el Constructor corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables exclusivamente al Constructor.

Si la perforación se hace en materiales sueltos o inestables, se colocará inmediatamente tubería de revestimiento, la cual se removerá después de haber instalado la tubería ranurada de PVC. Durante la perforación, se cuidará que el agua, si ésta se usa en la perforación, no contamine los cauces de agua superficiales.

A menos que el proyecto indique otra cosa o el Interventor apruebe algo diferente, se conectará una extensión redondeada o en punta de bala al extremo de la tubería ranurada para facilitar su introducción en la perforación.

La tubería se colocará con la ayuda del equipo de perforación para introducirla en el barreno. Para formar una línea de tubería continua se conectarán los tramos de tubería que sean necesarios. Los tubos de

cloruro de polivinilo (PVC) se pegarán entre sí, con el sistema indicado en los documentos del proyecto o el autorizado por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

A menos que el proyecto indique otra cosa o el Interventor autorice algo en contrario, en el último tramo, de entre tres (3) a seis (6) metros de longitud, se utilizará tubería no ranurada que constituya la salida del dren.

El espacio entre la perforación y el tramo de tubería no perforada se sellará en un tramo de al menos tres (3) metros hacia adentro a partir de cara del talud, con un material impermeable que cumpla lo establecido en el proyecto o aprobado por el Interventor. El espacio entre el barreno y la tubería perforada en el resto de la longitud del dren no se deberá sellar.

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe el Interventor, se colocarán tuberías de salida en los extremos de todos los drenes horizontales, utilizando una pieza "T" para conectarlos a la tubería colectora.

Se deberá instalar un sistema colector del tipo, características y dimensiones indicadas en el proyecto o aprobadas por el Interventor.

### Limitaciones en la ejecución

No se podrán ejecutar los trabajos de colocación de drenes horizontales en taludes en momentos en que haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de drenes horizontales se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

### Manejo ambiental

Todas las labores de ejecución de obras de drenes horizontales se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

## 1.7.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

### Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar permanentemente el estado de funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los tubos y demás materiales por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación, y estén de acuerdo con los documentos del proyecto o sus indicaciones.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Verificar que el alineamiento y la longitud del dren estén de acuerdo con los requerimientos de los planos o lo autorizado por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

La ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ medirá, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Constructor.

### Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

#### **Calidad de los materiales**

##### Tubos de PVC

Se deberán verificar los siguientes aspectos:

- Que el lote de tubos que llegue a la obra cumpla con las especificaciones exigidas. El Constructor deberá entregar al Interventor una certificación expedida por el fabricante con los resultados de los ensayos de calidad pertinentes. Esta certificación no implica necesariamente la aceptación del lote de tubos por parte del Interventor.
- Que ningún tubo presente roturas, aplastamientos o deformaciones. Todos los tubos que presenten algún desperfecto serán rechazados.
- Que el diseño y la ejecución de las ranuras de cada uno de los tubos esté de acuerdo con los documentos del proyecto o lo indicado por el Interventor.
- Que la unión de los tubos, a medida que se van introduciendo en el barreno, se ejecute conforme a las indicaciones establecidas en los documentos del proyecto o a las indicaciones del Interventor.

##### Geotextil

El geotextil deberá cumplir con estipulado en el Artículo 674. El Constructor deberá entregar a la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ una certificación expedida por el fabricante con los resultados de los ensayos de calidad pertinentes. Esta certificación no implica necesariamente la aceptación del lote de geotextil por parte la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### **Calidad del producto terminado**

Se deberá verificar la adecuada colocación del material impermeable de sello en el último tramo del dren. Además, se deberá verificar que cada uno de los drenes esté correctamente conectado al sistema colector del agua, de acuerdo con los planos del proyecto o las indicaciones de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

##### **1.7.6. Medida**

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al décimo de metro lineal, de dren horizontal instalado de acuerdo con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones del Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

##### **1.7.7. Forma de pago**

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra terminada y aceptada a satisfacción por el Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de preparación de la superficie del talud; la perforación de los barrenos y la eventual instalación y posterior retiro de tubería de revestimiento; el suministro, adecuación e instalación de la tubería de PVC, incluyendo sus ensambles; el suministro y la instalación del geotextil, si se requiere; la colocación del sello impermeable; los costos de cargue, transporte, descargue, desperdicios, disposición adecuada de sobrantes; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante el período de ejecución de los trabajos, y en general todos los costos requeridos para la correcta ejecución de los trabajos objeto de esta especificación.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

En caso de que se requiera instalar un sistema colector al cual se deban conectar los drenes, su forma de pago se definirá mediante una especificación particular.

### ÍTEM DE PAGO

674.2 SUM SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE DREN HORIZONTAL DE LONGITUD MAYOR A DIEZ (10) (m)

*Se ha actualizado el artículo íntegro a la normativa más reciente de 2013 puesto que la que se había incluido en el proyecto es la correspondiente a 2007.*

## 1.8. Art. 681. Gaviones

ART. 681	GAVIONES	UD
681.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE GAVIÓN	M3

### 1.8.1. Descripción

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, manejo, almacenamiento e instalación de canastas de mallas hexagonales de alambre de acero con revestimiento metálico, entrelazado en triple torsión, y el suministro, transporte y colocación de material de relleno dentro de las canastas, de acuerdo con los alineamientos, formas y dimensiones y en los sitios establecidos en los planos del proyecto o indicados por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ. También incluye las canastas de alambre de acero con doble revestimiento, metálico y poli(cloruro de vinilo) (PVC), cuando los documentos del proyecto así lo requieran.

### 1.8.2. Materiales

#### Canastas metálicas

#### Requisitos

Las canastas metálicas deberán estar formadas de alambre de acero con recubrimiento metálico (o con recubrimiento metálico y recubrimiento posterior de PVC) de triple torsión, con huecos hexagonales: deberán cumplir los requisitos de materiales y de fabricación establecidos en la norma ASTM A 975 “Standard Specification for Double–Twisted Hexagonal Mesh Gabions and Revet Mattresses (Metallic-Coated Steel Wire or Metallic-Coated Steel Wire With Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Coating)”.

#### Clasificación

Los gaviones se clasifican en 4 clases, en función del recubrimiento del alambre, como se menciona en la Tabla 681 – 1.

CLASE	TIPO DE RECUBRIMIENTO
1	Metálico tipo 1: zinc (galvanizado)
2	Metálico tipo 2: aleación Zn-5A1-MM
3	Metálico tipo 1 y PVC
4	Metálico tipo 2 y PVC

Tabla 681 – 1. Clases de gaviones según el tipo de recubrimiento del alambre

Los gaviones de clase 1 estarán elaborados con alambres de acero recubiertos con zinc (galvanizado).

Los gaviones de clase 2 estarán elaborados con alambres de acero recubiertos con una aleación de zinc, aluminio y tierras raras, denominada Zn-5A1-MM.

Los gaviones de clase 3 estarán elaborados con alambres de la clase 1 (recubiertos con zinc) sobre los cuales se aplica un segundo recubrimiento en poli(cloruro de vinilo) (PVC).

Los gaviones de clase 4 estarán elaborados con alambres de la clase 2 (recubiertos aleación Zn-5A1-MM) sobre los cuales se aplica un segundo recubrimiento en poli(cloruro de vinilo) (PVC).

Para todas las clases de gaviones, todos los alambres que constituyen las canastas, tanto principales como secundarios (alambre de las canastas propiamente dicho, de las aristas o bordes, de los templetos, de los amarres y de los anclajes) deberán tener el revestimiento especificado en los documentos del proyecto. El recubrimiento especificado se deberá aplicar a los alambres antes de entrelazarlos entre sí con triple torsión para la elaboración de las mallas para las canastas.

### **Características del alambre**

#### Resistencia a la tensión

Todos los alambres serán de acero de bajo temple; su resistencia a la tensión deberá estar entre cuatrocientos quince y quinientos megapascals (415 a 500 MPa), cuando se verifique de acuerdo a lo establecido en el método de ensayo ASTM E 8.

#### Diámetro de los alambres

El diámetro mínimo de los alambres deberá cumplir los requisitos mencionados en la Tabla 681 – 2.

CARACTERÍSTICA	TIPO DE RECUBRIMIENTO	
	METÁLICO (Clases 1 y 2)	METÁLICO Y PVC (Clases 3 y 4)
Malla	3.00 mm	2.70 mm
Aristas y bordes	3.80 mm	3.40 mm
Templetos:		
- Elaborados en obra para conectar las caras anterior y posterior de cada panel de gavión	2.20 mm	2.20 mm
- Preformados para enlazar las esquinas de una misma celda	3.80 mm	3.40 mm
Amarres	2.20 mm	2.20 mm

Tabla 681 – 2. Diámetro mínimo nominal de los alambres

#### Recubrimiento metálico

El alambre con recubrimiento metálico deberá estar libre de astillas, escamas y otras imperfecciones que no sean consistentes con las buenas prácticas de fabricación de estos elementos. El recubrimiento deberá ser continuo y razonablemente homogéneo; se permitirá la soldadura en fábrica de los extremos del alambre para conseguir la longitud necesaria en los rollos de empaque.

El recubrimiento con zinc de todos los alambres para los gaviones de clases 1 y 3 deberá cumplir los requerimientos la norma ASTM A 641 para acero de bajo temple con recubrimiento clase 3.

El recubrimiento con aleación Zn-5A1-MM de todos los alambres para los gaviones de clases 2 y 4 deberá cumplir los requerimientos la norma ASTM A 856 para acero de bajo temple con recubrimiento clase 3. La cantidad mínima del recubrimiento metálico, en masa por unidad de área de la superficie del alambre sin

recubrir, deberá cumplir lo indicado en la Tabla 681 – 3; el ensayo se ejecutará según la norma de ensayo ASTM A 90.

DIÁMETRO DEL ALAMBRE (mm)	MASA DEL RECUBRIMIENTO METÁLICO (ZINC O ALEACIÓN Zn-5 AL-MM) POR UNIDAD DE ÁREA DE LA SUPERFICIE DEL ALAMBRE SIN RECUBRIR (g/m <sup>2</sup> )
2.20	230
2.70	245
3.00	260
3.40	260
3.80	275

Tabla 681 – 3. Masa mínima del recubrimiento metálico del alambre

El alambre, con su recubrimiento metálico, deberá poder ser enrollado alrededor de un mandril cilíndrico de acero formando una espiral apretada a razón de 15 giros por minuto sin que el recubrimiento metálico se agriete o descascare hasta tal punto que cualquier partícula del recubrimiento (zinc o aleación Zn-5A1-MM) se pueda remover frotando con los dedos desnudos. El mandril para la prueba de adherencia deberá tener el diámetro indicado en la Tabla 681 – 4, el cual está en función del diámetro nominal del alambre, D.

DIÁMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE , D (mm)	DIÁMETRO DEL MANDRIL (mm)
2.20 a 3.69	3 D
≥ 3.70	4 D

Tabla 681 – 4. Diámetro del mandril para la prueba de adherencia del recubrimiento metálico

El aflojamiento o desprendimiento durante la prueba de pequeñas partículas del recubrimiento metálico (zinc o aleación Zn-5A1-MM) que se hayan formado por pulimiento mecánico de la superficie del alambre recubierto no se considerará como causa de rechazo del recubrimiento metálico.

#### Recubrimiento en PVC

El recubrimiento con poli(cloruro de vinilo) (PVC) de todos los alambres para los gaviones de clases 3 y 4, que se coloca sobre el recubrimiento metálico, deberá cumplir los requerimientos de la norma ASTM A 975; su espesor deberá cumplir los requisitos indicados en la Tabla 681 – 5.

CARACTERÍSTICA	REQUISITO
Espesor nominal (mm)	0.50
Espesor mínimo (mm)	0.38

Tabla 681 – 5. Espesor del recubrimiento de PVC

#### Características de la malla para gavión

En las normas ASTM A 975 y NTC 3555 se indica la nomenclatura de los elementos que integran el gavión, así como su configuración y detalles de fabricación; las partes del gavión se ilustran en la Figura 681 – 1.

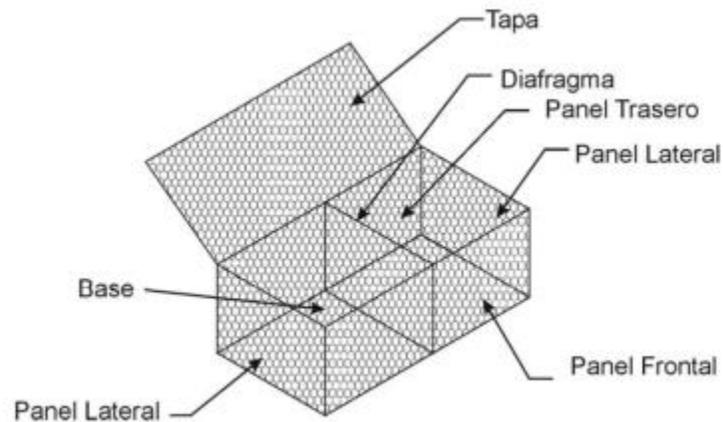


Figura 681 – 1. Partes de un gavión

La abertura de malla deberá ser tipo ocho (8) por diez (10) centímetros; estas medidas se obtienen tomando las longitudes en ángulo recto en sentidos vertical y horizontal, como se muestra en la Figura 681 – 2.

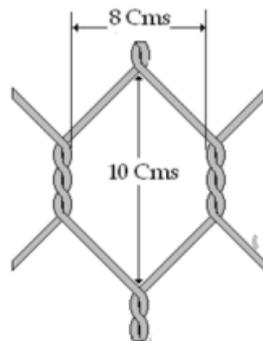


Figura 681 –2. Abertura de la malla de gavión

La canasta metálica deberá llevar diafragmas conformando celdas de largo no mayor a 1.0 m. Las medidas nominales de los gaviones y su número de celdas se muestran en la Tabla 681 – 6.

LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	NÚMERO DE CELDAS	VOLUMEN (m3)
2.0	1.0	1.0	2	2.0
3.0	1.0	1.0	3	3.0
4.0	1.0	1.0	4	4.0
2.0	1.0	0.5	2	1.0
3.0	1.0	0.5	3	1.5
4.0	1.0	0.5	4	2.0

Tabla 681 – 6. Medidas nominales y número de celdas de los gaviones

Todos los bordes y aristas deberán ser rematados, como mínimo, envolviendo los alambres de la malla alrededor del alambre de borde por lo menos dos veces y media, con excepción de la unión de los paneles laterales y diafragmas con la base, que podrán ser doblados con una sola abertura de malla.

Los requisitos de resistencia mínima de la malla, de las conexiones de la malla con los alambres de las aristas o bordes, de las conexiones entre paneles y de las pruebas de punzonamiento son los mostrados en la Tabla 681 – 7. Los ensayos se deberán realizar siguiendo los métodos descritos en la norma ASTM A 975.

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	
	METÁLICO (Clases 1 y 2)	METÁLICO Y PVC (Clases 3 y 4)
Resistencia de la malla, mínimo (kN/m)		
- Ensayo paralelo al entorchado de los alambres	51.1	42.3
- Ensayo perpendicular al entorchado de los alambres	26.3	20.4
Resistencia de las conexiones, mínimo (kN/m)		
- Conexiones a los bordes y aristas	20.4	17.5
- Conexiones entre paneles	20.4	17.5
Ensayo de punzonamiento	26.7	23.6

Tabla 681 – 7. Resistencia mínima de la malla y las conexiones

#### Material de llenado - piedras

El material de llenado podrá consistir en piedras o rocas de canto rodado o de cantera; las piedras deberán ser duras y durables, no susceptibles a desintegración por la exposición al agua o a la intemperie. Deberán estar razonablemente libres de materia orgánica; no deben tener óxido de hierro con excesiva alcalinidad o compuestos salinos, cuya composición pueda atacar el alambre de la canasta.

Deberá cumplir, además, los requisitos descritos en la Tabla 681 - 8.

#### Geotextil de separación

Si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se deberá instalar un geotextil de separación, el cual deberá cumplir con lo especificado en el Artículo 231.

#### 1.8.3. Equipo

Se requieren, principalmente, equipos para transporte del material de relleno y para la eventual adecuación de la superficie sobre la cual se construirán los gaviones, así como herramientas manuales para las operaciones de tensionamiento, amarre y cierre de las canastas metálicas.

#### 1.8.4. Ejecución de los trabajos

##### Generalidades

Los procedimientos que adopte el Constructor para la construcción de gaviones deben prevenir el daño del revestimiento de los alambres de las canastas.

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO	REQUISITO
<b>Granulometría (F)</b>		
- Tamaño máximo (mm)	Nota 1	200
- Tamaño mínimo (mm)		100
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación 1), máximo (%)	INV E-219	50
Durabilidad (O)		

Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%):	E-220	
- Sulfato de sodio		12
- Sulfato de magnesio		18
Resistencia mecánica (O)		
Relación <i>Resistencia a compresión simple</i> <i>Máximo esfuerzo de trabajo</i>  - La muestra para el ensayo se obtendrá tomando núcleos de piedras representativas	ASTM D7012 Método C	≥ 250
Geometría de las partículas Nota 3		
Partículas con relación largo / espesor mayor que 3, máximo (%)	-	10 %
Masa unitaria (F)		
Masa unitaria de las canastas llenas con agregado compactado, mínimo (kg/m <sup>3</sup> ) Nota 3	Nota 2	1250
Absorción (O)		
Absorción de agua, máximo (%) - La muestra para el ensayo se obtendrá fragmentando una muestra representativa de las piedras	E-223	2.0

Tabla 681 – 8. Características del material granular para llenado de gaviones (piedras)

Nota 1: El Constructor debe tener en obra unas mallas con aberturas de 100 y 200 mm para control de la granulometría. En ningún caso, el material de relleno podrá ser menor de diez centímetros (10 cm)

Nota 2: El procedimiento constructivo que debe elaborar el Constructor para aprobación de la Interventoría debe incluir un método para la verificación de la masa unitaria de las canastas llenas. El material deberá presentar una adecuada distribución de tamaños para cumplir el requisito establecido.

Nota 3: Los documentos podrán especificar un valor mayor de masa unitaria de las canastas llenas con agregado compactado, por ejemplo 1600 kg/m<sup>3</sup>. Así mismo, podrán requerir el uso de material granular triturado para el relleno de las canastas.

### Preparación de la superficie de apoyo

Cuando los gaviones requieran una base firme y lisa para apoyarse, ésta podrá consistir en una simple adecuación del terreno o una cimentación diseñada y construida de acuerdo con los detalles de los planos del proyecto o las indicaciones de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Antes de iniciar la colocación de las canastas de los gaviones, la superficie del terreno se deberá preparar según las indicaciones de los documentos del proyecto y con los niveles allí señalados; si se encuentran suelos inadecuados al nivel de fundación de los gaviones, estos deberán ser removidos y reemplazados.

### Colocación del geotextil de separación sobre la superficie de apoyo

Si los documentos del proyecto así lo indican, sobre la superficie compactada se deberá instalar un geotextil de separación, labor que deberá adelantarse de acuerdo con lo indicado en el Artículo 231, numeral 231.4.3.

### Colocación y ensamble de las canastas

Las canastas vacías y completamente ensambladas se deberán poner en su posición final sobre la superficie preparada. Su amarre y llenado se deberán realizar en su posición final; no se permitirá el transporte de canastas llenas.

Los paneles que conforman las canastas metálicas se deberán amarrar a través de las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

Antes del llenado, cada canasta se deberá amarrar a las adyacentes, laterales e inferiores, a lo largo de todas las aristas en contacto, tanto horizontales como verticales, y se deberán poner los tirantes permanentes y temporales.

Para obtener un mejor alineamiento y terminado, se deberá tensar la malla de las canastas metálicas antes del llenado, utilizando una palanca o una barra metálica; como alternativa para garantizar la regularidad del gavión y facilitar su llenado, se podrá utilizar una formaleta de madera en las caras que no estén en contacto con otros gaviones.

### Llenado y atirantado de las canastas

El proceso de llenado se deberá hacer de forma que se obtengan superficies de contacto parejas y libres de bordes entrantes o salientes entre gaviones; así mismo, que se obtenga el mínimo porcentaje de vacíos y una buena trabazón de las piedras. Para el efecto, el material de relleno se colocará dentro de la canasta manualmente, distribuyendo las piedras por tamaño de la manera más compacta posible, logrando que las partículas de menor tamaño queden hacia el centro y la más grandes junto a la malla; finalmente, el material de llenado se apisonará por capas; no se deberán dejar espacios en la parte superior de la canasta.

Durante el relleno, se deben colocar tirantes o tensores internos transversales, para volver solidarios los paneles opuestos de las canastas, así como tirantes diagonales en las esquinas, con el fin de evitar la deformación de las canastas debido a la presión ejercida por el relleno. En la Figura 681 – 3 se ilustra la disposición de estos elementos:



Figura 681 –3. Disposición de tirantes o tensores

Las canastas de una misma fila o capa deberán irse relleno por etapas, de manera que el nivel de llenado de ninguna canasta supere en más de 300 mm el nivel de llenado de las canastas adyacentes.

Las canastas se deberán llenar a tope; al cerrar la tapa, no deben quedar vacíos en la parte superior de la canasta.

### Costura y cierre

Terminadas las operaciones de relleno, se deberá instalar la tapa de la canasta sobre la base y coserla a los bordes superiores de la base y de los diafragmas. Todas las costuras o amarres deberán ser realizados de forma continua, atravesando todas las mallas con el alambre, alternativamente, con una vuelta simple y una doble, como se ilustra en la Figura 681 – 4. Las uniones deberán ser resistentes y deberán asegurar una estructura monolítica y apta para soportar fuertes solicitaciones y deformaciones; su resistencia deberá cumplir los requisitos de la Tabla 681 – 7.

### Colocación del geotextil de separación detrás de las canastas

Si los documentos del proyecto así lo indican, contra las caras de los gaviones que van a quedar en contacto con los rellenos laterales se deberá instalar un geotextil de separación; el geotextil se deberá asegurar a las canastas por medios mecánicos suficientemente resistentes y convenientemente separados, de manera que el geotextil no se desplace durante la colocación y compactación de los rellenos laterales.

Los traslajos deberán ser como mínimo de 30cm o se deberán usar costuras. En el caso de traslajos, la tela superior deberá traslaparse sobre la tela inferior; en el caso de las costuras, deberán cumplir lo indicado en el Artículo 231 con los requisitos adicionales que señale el fabricante.

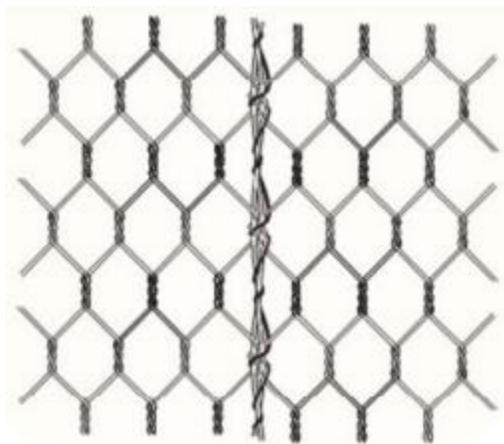


Figura 681 –4. Detalle de las costuras o amarres

### Ejecución de rellenos laterales

Los rellenos laterales de las estructuras de gaviones se deberán ir adelantando a medida que avanza la construcción de los gaviones, según el Artículo 610, “Rellenos para estructuras”, empleando los materiales indicados en los documentos del proyecto. Los equipos y procedimientos deberán ser los adecuados para lograr la densidad especificada en los documentos del proyecto; en el caso de uso de geotextiles de separación, los equipos y procedimientos deberán lograr los requisitos de compactación sin afectar el geotextil.

### Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la construcción de gaviones en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2° C).

Los trabajos de construcción de gaviones se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVIAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

### Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de gaviones deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

#### 1.8.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

##### Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad estipulados en la presente especificación.
- Verificar que el alineamiento y las pendientes y dimensiones de la obra se ajusten al diseño.

La ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

##### Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Se verificará que las canastas metálicas y el material de llenado satisfagan las exigencias de los planos y de esta especificación y que la estructura construida esté en concordancia con los alineamientos, pendientes y secciones indicados en los documentos del proyecto y las eventuales modificaciones aprobadas por el Interventor.

##### Calidad de las canastas

Por cada lote de canastas y alambres complementarios que llegue a la obra, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación de calidad de estos elementos, expedida por el fabricante de los mismos, con los respectivos reportes de ensayos de laboratorio, los cuales deberán satisfacer todos los requisitos establecidos en este artículo. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Interventor ni implica, necesariamente, la aceptación de la entrega.

##### Tolerancias en las canastas metálicas

Las dimensiones en la abertura hexagonal de la malla de triple torsión no deberá diferir en más de tres milímetros ( $\pm 0.3$  cm) en el sentido horizontal ni en más de un centímetro con cuatro décimas ( $\pm 1.4$  cm) en el sentido vertical, tomando las medidas en ángulo recto en sentido vertical y horizontal como se indica en la norma ASTM A 975, con respecto a lo indicado en este artículo.

El ancho, la altura y la longitud de una canasta para gavión al fabricarse, no deberá diferir, antes de su llenado, en más o menos cinco por ciento ( $\pm 5$  %) en la menor dimensión y en más o menos tres por ciento ( $\pm 3$  %) en las otras dos dimensiones, con respecto a lo indicado.

La tolerancia en los diámetros de los alambres será de más o menos ocho centésimas de milímetro ( $\pm 0.08$  mm), con relación a lo indicado en la Tabla 681 – 2.

En caso de deficiencias en los materiales o en la ejecución de la obra, el Constructor deberá acometer, sin costo adicional alguno para la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, las correcciones necesarias de acuerdo con las instrucciones de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, a plena satisfacción de ésta.

### **Calidad de los materiales de llenado de los gaviones**

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se verificará su calidad y granulometría, según los requisitos indicados en este Artículo. Los resultados deberán satisfacer las exigencias allí establecidas; si los materiales no cumplen con la totalidad de los requisitos serán rechazados.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas de los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y al mínimo especificados.

#### **1.8.6. Medida**

La unidad de medida de los gaviones será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico. El volumen se determinará sumando los volúmenes de las canastas de gavión instaladas y recibidas a satisfacción por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se medirán cantidades en exceso de las recién indicadas.

Se medirán por aparte para pago las excavaciones y los rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles.

#### **1.8.7. Forma de pago**

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de equipos, herramientas y mano de obra; suministro e instalación de las canastas; la extracción, preparación y suministro de los materiales para el llenado de los gaviones; la construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes, la obtención de los permisos y derechos de explotación; la adecuación de las fuentes al terminar la explotación para recuperar sus características hidrológicas superficiales, el cargue, transporte y descargue de los fragmentos de roca; el llenado, amarre y anclaje de los gaviones; y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos por concepto del suministro e instalación de abrazaderas, alambre, separadores, siletas de alambre o cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el gavión en su sitio, así como la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Se pagarán por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación, los rellenos laterales y los geotextiles, de acuerdo con los siguientes Artículos:

- Excavaciones: Artículo 600, "Excavaciones varias"
- Rellenos: Artículo 610, "Rellenos para estructuras"
- Geotextiles: Artículo 231, "Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil "

## ÍTEM DE PAGO

681.1 Suministro, transporte e instalación de gavión (m3)

*Se ha actualizado el artículo íntegro a la normativa más reciente de 2013 puesto que la que se había incluido en el proyecto es la correspondiente a 2007.*

### 1.9. Art. 810. Protección vegetal de taludes

ART. 810	PROTECCIÓN VEGETAL DE TALUDES	UD
810.2	PROTECCIÓN DE TALUDES CON TIERRA ORGÁNICA REUTILIZADA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO. INCLUYE ACARREO INTERNO	M2

#### 1.9.1. Descripción

Este trabajo consiste en la protección de taludes de terraplenes, excavaciones y otras áreas del proyecto, en los sitios indicados en los planos o determinados por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, empleando materiales vegetales. El trabajo incluye, además, la conservación de las áreas tratadas hasta el recibo definitivo de los trabajos.

El presente Artículo se refiere a las siguientes opciones de protección:

- Trasplante de césped
- Colocación de tierra orgánica (material vegetal)
- Hidrosiembra controlada

Los documentos del proyecto o el pliego de condiciones indicarán el tipo de tratamiento por aplicar en cada caso específico.

#### 1.9.2. Materiales

##### Bloques de césped

Los bloques de césped para la empradización serán de forma aproximadamente rectangular y dimensiones regulares; provendrán de cultivos tecnificados, a no ser que hayan sido obtenidos del descapote durante las operaciones de la excavación de la explanación descritas en el Artículo 210 de las presentes especificaciones. No se aceptarán bloques de césped que hayan sido obtenidos de terrenos que se vean afectados por el retiro de esta protección vegetal. Se deberá informar a la autoridad ambiental sobre su procedencia y se deberá contar con el correspondiente aval para su empleo.

Los bloques deberán tener las raíces del pasto sanas y adheridas a la capa de tierra orgánica.

##### Tierra orgánica

La tierra orgánica deberá provenir de áreas localizadas fuera del proyecto o, preferiblemente, del descapote del proyecto. Se deberá informar a la autoridad ambiental sobre su procedencia y se deberá contar con el correspondiente aval para su empleo.

La tierra orgánica consistirá en un suelo de origen superficial, con contenido orgánico, libre de piedras, ramas, restos vegetales de gran calibre, escombros, desperdicios no degradables y cualquier otro elemento extraño y nocivo para los fines de la protección.

##### Materiales para protección con hidrosiembra

### **Semillas**

Se utilizarán semillas de pastos o de especies propias de la zona o que se adapten con facilidad a ella, de las características indicadas en los documentos del proyecto u otras propuestas por el Constructor y autorizadas por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ y que, en conjunto, aseguren la cobertura vegetal del talud en forma permanente.

Toda partida de semillas que se utilice deberá venir empacada y debidamente etiquetada por el proveedor.

Las semillas y sus proporciones serán las señaladas en los documentos del proyecto y dependerán del lugar y del tipo de terreno donde se colocarán. Las semillas a emplear deberán cumplir con una germinación mínima de 80 % y un 95% de pureza, lo que deberá ser certificado por un laboratorio o una institución competente. A este efecto, será válida la certificación externa que entregue el proveedor de las semillas. Las dosificaciones mínimas indicadas se referirán a semillas en estado seco o de almacenamiento.

### **Fibra o mulch hidráulico**

Se utilizará un producto específico para hidrosiembra, ya sea de fibra de madera, celulosa, o una combinación de ambos, en las dosis que el fabricante indique y que sea el establecido en los documentos del proyecto o aceptado por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### **Fijador o aglomerante estabilizador**

Se utilizarán dos clases de adherentes, cuya función será la de mantener unidas las fibras de mulch con las semillas a la superficie por tratar y un floculante que haga el efecto dispersante en la solución.

La formulación para el aglomerante estabilizador deberá estar de acuerdo con las dosis establecidas por los fabricantes y será la definida en los documentos del proyecto.

### **Agua de mezcla para la hidrosiembra**

No es necesario que el agua para la mezcla sea potable. Sólo tiene que ser agua limpia, no contaminada químicamente, sin elementos extraños ni suciedad evidente, que cumpla con las recomendaciones del fabricante de acuerdo al tipo de siembra.

### **Fertilizantes e insecticidas**

Se deberán emplear los fertilizantes e insecticidas adecuados para cada tipo de tratamiento, según lo establezcan los documentos técnicos del proyecto. Los fertilizantes a emplear deberán aportar los elementos necesarios para el desarrollo de las especies sembradas. Pueden ser órgano-minerales o minerales, y deberán aportar los macro nutrientes y micro nutrientes esenciales para un buen establecimiento y óptimo desarrollo de la vegetación.

### **Agua para riego**

Cualquiera sea el tipo de tratamiento de protección que se emplee, el agua para riego deberá tener las características descritas en el numeral correspondiente al agua para hidrosiembra.

#### **1.9.3. Equipo**

El Constructor deberá disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que los trabajos de protección de los taludes tengan la calidad exigida y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución.

En particular, el equipo requerido para la hidrosiembra deberá estar compuesto por agitadores hidráulicos y/o mecánicos que sean capaces de mantener la solución en emulsión constante y proyectarla vía aspersión sobre el terreno desnudo.

Los elementos para la aplicación de los riegos periódicos deberán ser de tipo aspensor u otros similares que apliquen el agua en forma de lluvia fina.

El Constructor deberá disponer, además, de las herramientas, rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos, cuerdas, cinturones de seguridad, cascos, estacas, palas, balanzas, envases calibrados y todos los demás elementos que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos especificados.

#### **1.9.4. Ejecución de los trabajos**

##### **Momento para la colocación de la protección del talud**

La protección vegetal de los taludes se realizará lo más pronto posible, después que cada uno de los cortes o terraplenes esté terminado en su fase de movimiento de tierras. Si esto ocurre en época seca, la protección del talud se podrá aplazar, según lo permita el cronograma de trabajo y lo apruebe el Interventor, para el siguiente período de lluvias y se programará teniendo en cuenta el desarrollo de una protección vegetal aceptable al inicio de la temporada seca.

No obstante lo anterior, el Constructor deberá sembrar en cualquier época, si así lo exigen el plazo de ejecución de las obras o la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, y deberá realizar los riegos necesarios con el fin de mantener la humedad adecuada para una buena germinación y la consecuente eficacia de la protección.

##### **Preparación de la superficie existente**

El Interventor sólo autorizará la ejecución de los trabajos si la superficie por proteger presenta la uniformidad requerida para garantizar el éxito de ellos. Si la superficie presenta irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en las especificaciones respectivas, de acuerdo con lo prescrito en las unidades de obra correspondientes, el Constructor hará las correcciones previas, a satisfacción de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Los taludes por tratar deberán tener un adecuado encauce de las aguas, debido a las lluvias que se pudieran presentar durante la instalación y que pudieran causar daños al trabajo, los cuales, en caso de que se produzcan, deberán ser reparados por Constructor, sin costo adicional para la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Adicionalmente, se deberá realizar una limpieza previa para evitar todo material suelto o susceptible de caer sobre la zona que se va a proteger.

Si el talud no cuenta con la rugosidad adecuada para la colocación de la protección, se deberá conformar mediante un procedimiento adecuado, como rastrillado paralelo a la horizontal o formación de surcos convenientemente espaciados de acuerdo con la dureza del terreno (15 cm a 40 cm).

Utilizando herramientas manuales, el Constructor corregirá los surcos verticales y otras marcas inconvenientes. Se deberá considerar la preparación de surcos horizontales como complemento al escarificado y como una forma de mejorar el desempeño del riego, en el caso de la hidrosiembra.

En el tratamiento por hidrosiembra, se podrá soltar o descompactar una delgada capa de suelo (no mayor de 5 cm), con el fin de facilitar el enterramiento de las semillas y el enraizamiento inicial. En caso de que se detecten derrames de material sin compactar, zonas de baja densidad o superficies con excesiva pendiente, no se deberán ejecutar trabajos de siembra hasta solucionar las deficiencias del talud. La solución deberá ser propuesta por el Constructor y ejecutada cuando cuente con la aprobación de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Se deberá tratar de conservar la vegetación espontánea que pueda existir en el talud, salvo que sea perjudicial para la colocación de la protección específica. Si se considera necesario, se deberá segar o

cortar la vegetación espontánea. Este corte se realizará cuando la altura de la vegetación alcance o sobrepase los treinta centímetros (30 cm).

Los residuos vegetales de la siega o del corte se deberán retirar cuando constituyan una capa perjudicial para la buena repartición de la protección sobre el terreno.

#### **Protección mediante trasplante de césped**

Sobre la superficie preparada se aplicará fertilizante del tipo y en la cantidad que lo indiquen los documentos del proyecto y, a continuación, se extenderán los bloques de césped haciéndolos casar en la mejor forma posible, evitando traslajos y vacíos y buscando que los extremos del área empradizada empalmen armónicamente con el terreno natural adyacente.

En las uniones de los bloques se colocará tierra orgánica. Una vez plantada la superficie, se deberá regar de manera abundante y, en lo sucesivo, diariamente sin limitación o de acuerdo a las indicaciones del Interventor, y se apisonará con frecuencia con un cilindro manual, con el fin de emparejarla y detectar las irregularidades, la cuales deberán ser corregidas por el Constructor, a satisfacción de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### **Protección del talud con tierra orgánica (material vegetal)**

Luego de la fase de preparación, se esparcirá en forma uniforme el suelo vegetal produciendo una cobertura de veinte a cincuenta centímetros (20 a 50 cm) de espesor, según se señale en los documentos del proyecto, sobre el talud por proteger. Este proceso se realizará manualmente.

Para disminuir el potencial de erosión, puede ser necesaria una compactación manual de esta capa. Para mejorar su adherencia con la superficie del talud, éste se debe humedecer o escarificar superficialmente antes de recibir el material de protección.

El nivel de fertilización dependerá de un análisis del suelo del terreno, el cual se deberá realizar antes de la puesta en marcha de la obra. Si no se ha especificado en los documentos del proyecto, el tipo de fertilizante lo determinará el Constructor a través de su especialista. Este fertilizante deberá contar con la aprobación de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El tratamiento con tierra orgánica se empleará, de preferencia, en la protección de taludes de terraplenes.

#### **Protección mediante hidrosiembra controlada**

Tras el trabajo de preparación de la superficie, se procederá inmediatamente a la hidrosiembra que, en una o dos pasadas, deberá aportar todos los elementos al suelo: semillas, fertilizantes, mulch y adherente.

Un buen resultado dependerá de que no llueva durante el lapso que transcurra entre el término de la preparación del suelo y el inicio de la hidrosiembra. Si la lluvia ocurre, se deberá repetir el proceso.

El riego de instalación se hará uniformemente en toda la superficie. La dosificación de la boquilla deberá ser del tipo lluvia fina para no producir daños o erosión.

#### **Fertilización**

En todos los casos, se deberá considerar al menos una fertilización principal y una de mantenimiento. La fertilización principal se realizará junto con la siembra de la superficie. Los materiales y dosificaciones se señalarán en los documentos del proyecto. Durante el proceso de crecimiento, se completará la fertilización según requerimiento del Interventor. Los niveles anteriores serán considerados como mínimos. Las fertilizaciones se podrán realizar en conjunto con los riegos de agua a las protecciones instaladas

#### **Riego y conservación**

El riego se realizará exclusivamente por el método de aspersión u otro similar, siempre que resulte en forma de lluvia fina.

El riego se aplicará a partir del día siguiente de la colocación de la protección y no habrá límite en cuanto a su frecuencia. Solamente se deberá cuidar de no provocar escurrimiento superficial, para lo cual se deberán efectuar pasadas rápidas, lanzando el agua desde prudente distancia y hacia arriba, de forma tal que las gotas pierdan su energía. De preferencia, se regará temprano en la mañana y al atardecer.

La frecuencia de los riegos dependerá tanto de las condiciones climáticas como del sistema de protección utilizado y del estado de la cubierta vegetal y deberá ser suficiente para asegurar, junto con las fertilizaciones, que durante todo el proceso se presenten los niveles adecuados de germinación y desarrollo de las plantas.

Adicionalmente, se requerirá de poda en caso que la vegetación sobrepase la corona de la vía, obstruya algún dispositivo de drenaje o impida una adecuada visibilidad en la vía. Esta actividad se realizará siempre que sea necesario, a juicio del Interventor, y en forma permanente hasta el recibo definitivo de los trabajos.

### Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de protección vegetal de taludes deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

Se deberá poner especial cuidado a los insumos utilizados para la hidrosiembra, así como a los fertilizantes e insecticidas utilizados en el trabajo y al tratamiento de las zonas de las cuales se extraigan los bloques de césped cuando se vaya a emplear este sistema de protección.

No se aceptará el uso de especies transgénicas sin aprobación del Interventor y sin la autorización de las autoridades ambientales competentes.

### 1.9.5. Condiciones para el recibo de los trabajos

#### Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en el inciso que corresponda del numeral del presente artículo, según el tipo de protección por utilizar.
- Verificar que el trabajo se ejecute de acuerdo con los documentos del proyecto y las exigencias del presente Artículo.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales y de seguridad requeridas.
- Vigilar que se efectúe un mantenimiento adecuado del área protegida hasta su recibo definitivo.

La ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ medirá, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

#### Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

La ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ no recibirá los trabajos antes de noventa (90) días de concluidos los trabajos de protección. En el momento del recibo definitivo, el área protegida no podrá presentar irregularidades o desperfectos y se deberá encontrar podada a satisfacción de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, cuando se hayan presentado las circunstancias citadas en el numeral correspondiente al riego y la conservación.

En caso de que no haya germinación de las semillas en terrenos aptos para sostener vegetación en forma permanente y, por lo tanto, no quede garantizada la cobertura vegetal especificada, el Constructor deberá

repetir los procesos de sembrado para recuperar los sectores sin prendimiento, sin costo adicional para la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Si por cualquier circunstancia el prendimiento de la primera siembra fuese deficiente a juicio de la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, o se produjesen daños de cualquier origen, se procederá a resembrar. El proceso de resiembra se repetirá las veces que sea necesario en las áreas que lo requieran y, de acuerdo a las necesidades, podrá ser parcial aportando sólo las especies cuyo prendimiento fue negativo, si el Interventor así lo autoriza. No se considerará pago adicional por los procesos de resiembra.

#### **1.9.6. Medida**

La unidad de medida de la protección vegetal de taludes será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al entero, de área protegida de acuerdo con los documentos del proyecto y las indicaciones del Interventor, a plena satisfacción de éste. La medida se hará sobre la proyección inclinada de la superficie del talud.

El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823. No se incluirán en la medida áreas con protección vegetal por fuera de los límites autorizados por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### **1.9.7. Forma de pago**

El pago de la protección vegetal del talud se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá incluir todos los costos de preparación de la superficie existente, salvo que dicha labor forme parte de otra partida de trabajo del mismo contrato; el suministro en el lugar y la colocación de todos los materiales requeridos para la protección; la compactación de la superficie tratada cuando corresponda; el riego y la poda periódicos del área tratada; el suministro y la aplicación de fertilizantes, insecticidas y demás materiales requeridos para la conservación del área protegida hasta su recibo definitivo; los desperdicios y el manejo adecuado de ellos y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

#### **ÍTEM DE PAGO**

810.2 Protección de taludes con tierra orgánica reutilizada del proceso constructivo. incluye acarreo interno (m<sup>2</sup>)

*Se ha actualizado el artículo íntegro a la normativa más reciente de 2013 puesto que la que se había incluido en el proyecto es la correspondiente a 2007.*

### **1.10. Art. 820P. Trinchos en guadua**

<b>ART. 820-P</b>	<b>TRINCHOS EN GUADUA</b>	<b>UD</b>
810.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TRINCHOS EN GUADUA	M2

### 1.10.1. Descripción

Esta especificación se refiere a la construcción de barreras (trinchos) transversales ubicadas en una ladera, con el objeto principal de controlar la erosión superficial y procurar la recuperación de la cobertura vegetal. Este trabajo consiste en el suministro o fabricación, transporte, manejo, almacenamiento e instalación o hincado de trinchos de los tipos, secciones y longitudes indicados en los planos u ordenados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ; también, comprende el suministro y erección de cualquier arriostramiento, tirantes y otros miembros que muestren los planos y que sean necesarios para la correcta ejecución de los trabajos. Así mismo incluye el suministro e instalación del geotextil que cumpla con todo lo definido en el artículo 673-07 de las especificaciones generales de construcción de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ vigentes.

### 1.10.2. Materiales

#### Trinchos de madera o guadua

Se utilizara madera aserrada o desbastada o guadua, tratada, de la mejor calidad que se encuentre en la zona de las obras, con diámetro no menor a 100 mm, y que su resistencia se haya considerado dentro del diseño previamente realizado, de acuerdo con lo señalado en las especificaciones particulares del proyecto. Su calidad deberá ser tal, que soporte satisfactoriamente el hinchamiento, sin presentar agrietamientos o daños por el proceso.

La madera para la elaboración de los trinchos podrá ser de cualquier especie que sea recomendable para este uso y que sea de poca dificultad para su obtención en el área del proyecto. Su explotación y uso sólo se permitirán cuando se disponga de las licencias respectivas.

Su sección transversal podrá ser circular o cuadrada no menor a 100 mm de diámetro o sección y deberán estar hechos con madera o guadua sana, curada, descortezada y con los extremos cortados en la forma exigida en los planos. Los elementos serán rectos y con todos los nudos recortados a ras de la superficie. Las clases de maderas por emplear y las dimensiones de las piezas serán las indicadas en los planos, teniendo como referencia que su diámetro o su dimensión transversal mínima respectivamente, deberá ser de cien milímetros (100 mm). En cuanto a su longitud, si no existe una señalada por los documentos del proyecto, se tomará como mínimo dos punto tres metros (2.3 m). Los postes se deberán tratar con algún procedimiento y producto preservativo; la clase y tipo de tratamiento se deberá ajustar a lo indicado en los documentos del proyecto o al que autorice la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El tratamiento de la zona del poste de madera que quede en contacto directo con el suelo deberá garantizar su impermeabilidad o evitar la transferencia del agua del suelo al elemento.

#### Rellenos para trincho

El material de relleno para trincho será tierra orgánica, deberá provenir de áreas localizadas fuera del proyecto o, preferiblemente, del descapote del proyecto. La tierra orgánica consistirá en un suelo de origen superficial, con contenido orgánico, libre de piedras, ramas, restos vegetales de gran calibre, escombros, desperdicios no degradables y cualquier otro elemento extraño y nocivo para los fines de la protección.

#### Geotextil

El uso de geotextil en la construcción de trinchos en guadua, posterior a la pantalla del trincho y en contacto con el suelo circundante permite el paso del agua a largo plazo, dentro del trincho reteniendo el suelo adyacente. Este geotextil es tipo NT-1600 y debe la calidad y supervivencia debe cumplir lo definido en el artículo 673 de las especificaciones generales de construcción adoptadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### 1.10.3. Equipo

El CONSTRUCTOR deberá disponer de todos los equipos y herramientas necesarios para la preparación, transporte e instalación adecuada de las tablestacas. En particular, los equipos y métodos de instalación o hinca, deberán ser los comúnmente recomendados para esta clase de trabajos. Los equipos que utilicen martillos para la hinca de las trinchos en madera, deberán tener guías en todo el recorrido para propiciar el golpe, las cuales deberán contar con la aprobación de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### 1.10.4. Ejecución de los trabajos

#### Condiciones generales

Será responsabilidad del CONSTRUCTOR el proyecto y la construcción del trincho. Este deberá poseer la rigidez suficiente para soportar todas las cargas y demás acciones posibles de ocurrir durante la etapa constructiva y garantizar que la obra acabada tenga la geometría, dimensiones y alineamientos indicados en los documentos del proyecto.

#### Suministro, manejo y almacenamiento

El CONSTRUCTOR deberá suministrar los elementos con las dimensiones y las características físicas señaladas en los planos y demás documentos del proyecto. El manejo y almacenamiento de la madera y/o guadua se realizará de manera para garantizar la mayor seguridad de las personas e instalaciones circundantes a la obra, atendiendo la normatividad al respecto. Cualquier daño o perjuicio causado será responsabilidad del CONSTRUCTOR, quien deberá responder por ello con sus propios recursos. El transporte y manejo de la madera y/o guadua se deberán efectuar con el mayor cuidado, para evitar cualquier deformación, ranuras, quebraduras y astilladuras. Las piezas deberán ser almacenadas en sitios limpios en todo momento, bien drenados y protegidos de los efectos de agua.

Las piezas deberán ser separadas mediante trozos de madera u otros elementos adecuados durante el almacenamiento, para evitar los deterioros que se puedan presentar por el contacto directo entre ellas o por cualquier otro agente, tales como el cambio de la geometría, daños en los elementos de unión y posibles revestimientos que se presenten. Se pondrá especial cuidado en la forma de almacenamiento y la cantidad por apilamiento, para evitar daños por solicitaciones estructurales no consideradas en el diseño de los elementos.

Si por alguna razón se debe variar alguna de las características geométricas de las maderas o guaduas suministradas para la fabricación del trincho, esta deberá ser aprobada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### Hinca

Los trinchos conocidos también como terracetas o graderías, consisten básicamente en una barrera transversal formada por guadua o madera, hincada al talud por guadua o madera clavadas en el terreno, amarradas con alambre y separadas entre sí 0.60 m. Se descarga el área a tratar de tierras suelta o rellenos no conformados, se procede a conformar el talud con la guadua o madera, en forma horizontal hasta una altura máxima de 0.60 m, rellenando la parte posterior de la barrera, (si es necesario). Las guaduas verticales de anclaje tendrán una longitud mínima de 1.80 m.

Cuando las condiciones del terreno requieran alturas libres superiores a las de 0.60 m, los trinchos se construirán en madera para lo cual se deberá disponer de guías para los pilotes, las cuales pueden consistir en una doble fila de tablonces, o piezas de madera de mayor sección, colocados a poca altura del suelo, de forma que el eje del hueco intermedio coincida con el de la pantalla de tablestacas a construir. Esta doble fila de tablonces estará sólidamente sujeta y apuntalada al terreno, y la distancia entre sus caras interiores no excederá del espesor de la pared de tablestacas en más de dos centímetros (2 cm).

Los pilotes se hincarán por medio de martinete, o mediante maquinaria vibratoria adecuada, según resulte más conveniente y sea especificado en el proyecto o sea aceptado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO

DEL CAFÉ. El martinete puede ser de gravedad o de cualquier tipo de acción que se use normalmente en la hinca de pilotes. Si se hinca con martinete, las cabezas de los pilotes se deberán proteger por medio de accesorios adecuados, para evitar su deformación o deterioro por los golpes.

La hinca de los pilotes se realizara hasta la penetración o capacidad de soporte especificados y aceptados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Las ayudas a la hinca, tales como la pre perforación o la lubricación de juntas, serán utilizadas únicamente con el consentimiento por escrito de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

La construcción de los trinchos debe iniciarse de abajo hacia arriba, en forma continua y acomodándose a la forma natural y pendiente del terreno. Las guaduas o guadua deberán ser consistentes y sanas, colocándose de tal forma que eviten al máximo el escape de los finos del suelo a través del trincho. Los traslajos horizontales de guadua deben hacerse siempre al pie de la guadua vertical. Las guaduas deben quedar firmemente amarradas con alambre. La berma conformada por el trincho debe cubrirse con vegetación apropiada a las condiciones ecológicas de la región, como por ejemplo: limoncillo, higuerillo, forrajeras, leucaena, guaduailla, etc. sembrando además estacas vivas de sauce caucho, quiebrabarrigo, etc. a distancias de 2.4 m, coincidiendo con una guadua del anclaje. Las guaduas de anclaje de niveles contiguos quedarán sujetas entre sí por un amarre doble de alambre. La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ determinará la posición y espaciamiento de los trinchos y aprobará previamente a la iniciación de los trabajos, el sistema de construcción que adopte el CONSTRUCTOR.

La hinca de la madera se realizará hasta la profundidad especificados y aceptados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### Recortes

Terminada la hinca, se cortarán, si es preciso, los extremos superiores de las maderas, de manera que sus cabezas queden alineadas según el perfil definido en los planos. El corte se efectuara con herramienta apropiada para el material de la madera o guadua y después de recortar los excedentes, las partes superiores se deberán tratar profusamente con aceite de creosota caliente y después con alquitrán. Se podrá emplear otro tratamiento, si así lo contemplan los documentos del proyecto o la autoriza la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### Excavación

La instalación manual se permitirá para trinchos ecológicos, se procederá a efectuar excavaciones con hoyadoras en los sitios definidos para la instalación de los postes. La excavación tendrá una sección transversal ligeramente mayor que la del poste y su profundidad mínima será de un metro (1.20 m). Si los planos no indican otra cosa, los postes se ubicarán a intervalos de cero punto sesenta metros (0.60m); en cualquier caso se aceptará una tolerancia de más o menos cinco por ciento (5%).

### Instalación del geotextil y Relleno.

Una vez colocado cada poste, el espacio entre él y las paredes del terreno o excavación se recubrirán con geotextil y se rellenará con material de la misma excavación y la última capa con tierra orgánica, en capas compactadas de tal forma que se garantice el perfecto empotramiento de la pieza.

### Limpieza

Terminado el trabajo de trincho, el CONSTRUCTOR deberá retirar del lugar de la obra todos los excedentes y recortes de las maderas y demás desperdicios, transportarlos y disponerlos en lugares apropiados, a satisfacción de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de trinchos deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular. Por ningún motivo se permitirá arrojar materiales sobrantes a los cursos de agua.

#### **1.10.5. CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

##### **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ adelantara los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el CONSTRUCTOR.
- Verificar la localización topográfica de las terrazas antes de su construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Verificar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables.
- Efectuar u ordenar la inspección de control de la madera y/o guadua.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la hinca de los elementos.
- Verificar que los elementos cumplan en cuanto a resistencia, composición y dimensiones.
- Medir las cantidades de obra correctamente ejecutadas.

##### **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

###### **Calidad de los materiales**

Las verificaciones de calidad de los materiales constitutivos de los trinchos se realizaran conforme lo establece la especificación correspondiente a dicho material. Previo a la construcción de los trinchos se deberá presentar a la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, para su aprobación, un informe con una descripción detallada de todas las actividades, materiales, procedimientos y ensayos previstos, a efectos de garantizar la impermeabilidad.

###### **Dimensiones, forma y peso**

Las dimensiones, formas y peso de los elementos serán los que figuren en los planos y especificaciones particulares del proyecto, admitiéndose las tolerancias en dimensiones que indica.

#### **1.10.6. Medida**

##### **Trinchos**

La unidad de medida del trincho será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), aproximado al décimo de metro cuadrado, de trincho ejecutado en obra, con su geotextil posterior y respectivo relleno, de acuerdo con los planos, esta especificación y las indicaciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, a plena satisfacción de ésta.

El área de los trinchos se medirá sin incluir la sección lateral de los mismos que quede empotrada ni las guaduas de anclaje, el valor de dichos elementos se considera ya incluido dentro del precio unitario del trincho.

El área de los trinchos, cualquiera que sea su tipo, se medirá sobre los planos del proyecto y teniendo en cuenta las modificaciones aprobadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Si al efectuar la medición el área contiene una fracción igual o superior a cinco centésimas de metro cuadrado ( $\geq 0.05m^2$ ), la aproximación se realizará a la décima superior; en caso contrario, se aproximara a la décima inferior.

#### 1.10.7. Forma de pago

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, transportes, manejo, almacenamiento, corte, limpieza, colocación de todos los materiales incluido el alambre para amarre y demás elementos requeridos para la construcción del trinchos, trabajos de excavación, suministro e instalación del geotextil y relleno para reconfiguración del terreno, equipos y mano de obra necesarios para ejecutar correctamente el trabajo especificado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario incluirá, también, los costos por concepto del suministro y siembra de estacas vivas pasto y arbusto para cubrir la berma y cualquier otro elemento utilizado para recuperar la zona erosionada.

El precio unitario deberá cubrir, además, los costos de permisos y patentes que utilice el CONSTRUCTOR, así como la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor, cuando se invada parte de la calzada, durante la ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del CONSTRUCTOR.

El precio unitario incluye los costos por concepto de mano de obra, equipo y el retiro de materiales sobrantes al sitio señalado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, y, en general, todo costo relacionado para terminar el trabajo de acuerdo con los planos y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### ÍTEM DE PAGO

820-P.1 Suministro, transporte e instalación de trinchos en guadua (m2)

#### 1.11. Art. 821P. Micropilotes tipo titán o similar

ART. 821P	MICROPILOTES TIPO TITÁN O SIMILAR	UD
821-P.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MICROPILOTES TIPO TITÁN 73/35 (A TODO COSTO)	ML
821-P.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MICROPILOTES TIPO TITÁN 52/26 (A TODO COSTO)	ML
821-P.3	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MICROPILOTES TIPO TITÁN 73/53 (A TODO COSTO)	ML
821-P.5	EQUIPOS Y SUMINISTRO DE CEMENTO PARA INYECCIONES DE MICROPILOTES, EJECUCIÓN DE LA INYECCIÓN Y PRUEBAS	kN
821-P.6	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MICROPILOTES TIPO TITÁN 30/16 (A TODO COSTO)	ML
821-P.7	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MICROPILOTES TIPO TITÁN 103/51 (A TODO COSTO)	ML

### 1.11.1. Descripción

Este Numeral comprende todos los requisitos y condiciones que se deberán cumplir para llevar a cabo los trabajos correspondientes al sistema de cimentaciones mediante micropilotes tipo Titán o similar.

Las palabras siguientes que se usen en el presente Numeral tendrán el significado que aquí se les asigna:

- Inyecciones de micropilotes

Secuencia de perforaciones espaciadas de acuerdo con lo especificado en los planos, la cual tendrá el efecto de un grupo. En estas perforaciones se harán inyecciones de una lechada espesa y a altas presiones.

- Lechada

El conjunto de materiales empleados en las inyecciones, los cuales consisten en la mezcla de agua y cemento, a la que se le podrán incorporar aditivos tales como bentonita u otro que ordene la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

- Mortero

El conjunto de materiales empleados en las inyecciones, los cuales consisten en la mezcla de agua, cemento y arena a la que se le podrán incorporar aditivos tales como superplastificante, bentonita u otros aditivos que ordene la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

- Aditivo

Cualquier producto natural o químico que se adiciona a la lechada o mortero para reducir el agua de exudación, cuyo tipo será aquel ordenado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

- Relación agua-cemento-arena

La proporción en el mortero entre el peso de agua, el peso de cemento más cualquier aditivo que se agregue y el peso de la arena.

- Presión de inyección

La presión medida a la entrada de un hueco de inyección, mientras se está aplicando la mezcla de inyección.

- Lechada estable

Una lechada estable se define como aquella que exhibe en dos horas una decantación del 5% de agua clara en la parte superior de una probeta de 1000 ml.

### 1.11.2. Dirección de los trabajos

El CONSTRUCTOR deberá ejecutar las perforaciones y las inyecciones requeridas, de acuerdo con los planos de construcción y las especificaciones técnicas. El CONSTRUCTOR estará a cargo de la dirección técnica y la ejecución de todas las operaciones de perforación e inyección. El número, localización, espaciamiento, dirección, inclinación y profundidad de los huecos, el orden de perforación y el orden de inyección de dichos huecos, las presiones y mezclas que se deberán usar para la inyección, la profundidad y longitud de cada etapa a la cual se deberá inyectar la mezcla serán determinadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y dependerán de la naturaleza de la roca o material que aparezca a medida que se realicen las operaciones de perforación y lavado, e inyecciones ejecutadas por el CONSTRUCTOR. La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ determinará el tipo de mezcla, calidad y porcentaje de aditivo plastificante (o superplastificante) a utilizar, fijará los criterios de rechazo para dar por finalizada la inyección y llevará a cabo el control de calidad de los materiales y mezclas de inyección.

El CONSTRUCTOR deberá ejecutar sin costo adicional para la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ todas las modificaciones y ajustes que se deriven de dicho control. Los ajustes y modificaciones ordenados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ en cualquier tiempo o momento al alcance de los trabajos de inyección mostrados en los planos o establecidos previamente por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, deberán ser ejecutados por el CONSTRUCTOR, quien no tendrá derecho a solicitar modificación a los precios ni a los plazos establecidos en el Contrato, por razón de tales ajustes y modificaciones.

### **1.11.3. Especificaciones de obra**

#### **Perforaciones**

De acuerdo con los rendimientos requeridos y el plazo previsto para su ejecución, el CONSTRUCTOR deberá suministrar equipo y accesorios de perforación. El equipo de perforación deberá mantenerse en condiciones óptimas de operación en todo momento.

En los huecos de las perforaciones podrán usarse perforadoras de rotación o de percusión que garanticen buenos acabados en las paredes del hueco a fin de permitir su obturación en cualquier parte del mismo, a opción del CONSTRUCTOR. Las perforadoras deberán tener una capacidad suficiente para perforar huecos con cualquier inclinación y de los diámetros y a las profundidades que indique la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### **Perforaciones para micropilotes**

Las perforaciones para los micropilotes, se deberán ejecutar con varillaje o barras según lo especificado en planos, en acero de grano fino que no incluya rosca redonda. Las perforaciones se deberán profundizar como mínimo 2.00 m por debajo de los niveles de roca o material competente encontrados.

#### **Registros**

El CONSTRUCTOR deberá llevar un registro completo de las operaciones de perforación de acuerdo con la identificación de los huecos perforados, incluyendo toda la información obtenida de los núcleos de roca y ensayos de agua a presión, copias de las cuales deberá entregar diariamente. Además, el CONSTRUCTOR deberá prestar a la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ toda la colaboración que ésta requiera para la inspección de los trabajos y su control. La presencia de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, y las labores que ésta desarrolle para el registro y control, no eximen al CONSTRUCTOR de su responsabilidad por la ejecución, control y registro a que está obligado.

El CONSTRUCTOR deberá llevar los registros de acuerdo con las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y en formatos aprobados por ésta.

#### **Inyecciones a presión**

#### **Materiales**

Para las inyecciones se deberá usar lechada o mortero, según lo ordene la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, cuando el desarrollo de la inyección indique la necesidad o la conveniencia de usar una u otra de estas mezclas.

Las proporciones de mezcla de los componentes de la lechada y mortero para las inyecciones serán indicadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, las cuales podrán sufrir variaciones si la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ lo considera conveniente, sin costo adicional, dependiendo de las condiciones encontradas durante las operaciones de inyección.

Los materiales que se proponga utilizar el CONSTRUCTOR deberán cumplir con todo lo estipulado en estas especificaciones. La verificación de la calidad de los materiales que se utilicen en las operaciones de

inyección, será llevada a cabo por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y los resultados de estos ensayos serán concluyentes para aceptar o rechazar los materiales.

### **Cemento**

El cemento que se utilice para inyecciones deberá cumplir con los requisitos especificados en el Artículo 501 de las presentes especificaciones.

Se podrá usar cemento empacado en sacos para la preparación de las mezclas para inyecciones siempre y cuando el CONSTRUCTOR emplee métodos satisfactorios de dosificación, manejo, transporte y almacenamiento. Se deberá tener almacenada una cantidad de cemento cerca del sitio de trabajo, de tal modo que en ningún momento se suspendan las actividades de inyección por falta de cemento. El sitio de almacenamiento y la cantidad de cemento almacenado deberán ser planeados por el CONSTRUCTOR de acuerdo con los requerimientos de la obra.

### **Agua**

El agua que se utilice para preparación de las mezclas para inyección deberá cumplir con los requisitos especificados para este material en el Artículo 630 de las presentes especificaciones.

### **Arena**

La arena para inyecciones, deberá cumplir con lo especificado en el Artículo correspondiente a Concreto Estructural, del presente Documento de Especificaciones, teniendo en cuenta lo descrito– Agregados- en lo correspondiente a la arena para mezclas de concreto, además de las limitaciones en cuanto a granulometría que se especifican en Tabla 821P.1 mostrado a continuación:

<b>Tamiz estándar U.S.</b>	<b>Porcentaje por peso que pasa</b>
No. 8	-
No. 16	100
No. 50	20 - 60
No. 200	0 - 3

Tabla 821.1. Límites de gradación

Además de cumplir con estos límites de gradación toda la arena que se utilice en las inyecciones deberá tener un módulo de finura entre 1,5 y 2,0.

### **Aditivo**

En caso de que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ autorice la utilización de bentonita en las mezclas para inyección, ésta deberá ser prehidratada y tener un límite líquido igual o superior al 400%.

### **Otros aditivos**

Es posible que además de bentonita se requiera el uso de otros aditivos, tales como acelerantes de fraguado, llenantes inertes, cenizas volcánicas y expansores. Tales materiales deberán ser productos comerciales de reconocida eficacia y estarán sometidos a los mismos requisitos de aceptación establecidos para los aditivos fluidificadores.

### **Tuberías y accesorios metálicos**

Las tuberías para conducir la mezcla para las inyecciones desde la bomba al hueco de inyección, las camisas, obturadores y accesorios para conexiones que se empleen en las inyecciones deberán cumplir con la norma ASTM A-120, grado intermedio y deberán ser negras tipo Schedule 40 o similar. Las tuberías

y accesorios que se utilicen para las inyecciones deberán ser capaces de resistir la presión máxima especificada para cada tipo de inyección.

### **Proporción de mezclas**

Por lo menos treinta (30) días calendario antes de iniciar cualquier trabajo de inyecciones, el CONSTRUCTOR deberá, llevar a cabo el diseño y prueba de inyección en campo de las mezclas de lechadas y morteros que se utilizarán en las inyecciones. El diseño de las mezclas deberá ser ajustado por el CONSTRUCTOR mediante la ejecución de mezclas de prueba, utilizando los mismos equipos que empleará durante los trabajos de inyección para la preparación de las mezclas, en los cuales se variarán las proporciones de los componentes de tal forma que se obtengan mezclas estables (decantación menor de 5% antes de dos horas), durables (mínima resistencia a la compresión de 9,0 MPa a los 7 días de edad y de 17,0 MPa a los 28 días de edad) y adecuadamente fluidas (entre 90%-100% del tiempo medido para el agua en el cono de Marsh) establecidos por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Adicionalmente, se deberán efectuar ensayos para determinar la densidad de la mezcla, la cohesión, los tiempos de fraguado inicial y final y la compatibilidad cemento-aditivo. El CONSTRUCTOR deberá suministrar todos los materiales, el personal y el equipo necesarios para la ejecución de estos ensayos, para lo cual no habrá medida ni pago por separado.

El tiempo de mezclado deberá ser por lo menos de dos minutos a partir del momento en que se hayan colocado todos los materiales en el mezclador. La mezcla se deberá mantener permanentemente en suspensión homogénea mediante el uso de los agitadores mecánicos hasta que termine la inyección. La proporción de mezcla para la lechada variará en general entre 0,6:1,0 y 0,8:1,0 (agua:cemento por peso) y para el mortero entre 1:1:1 y 1:1:3 (agua:cemento:arena). De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas ejecutadas para la evaluación y comportamiento de las mezclas de inyección, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ aprobará el tipo y los porcentajes de superplastificante a emplear en las mezclas seleccionadas.

Las inyecciones de los micropilotes, donde quiera que este sistema se emplee, se harán utilizando lechada con relaciones agua cemento comprendidas entre 0.4:1 y 0.6:1

### **Personal y equipos**

#### **Personal**

El CONSTRUCTOR deberá utilizar personal calificado que tenga experiencia y conocimiento de las técnicas modernas de perforación e inyección a presión. Todos los métodos y procedimientos propuestos por el CONSTRUCTOR para las operaciones de perforación e inyección, estarán sujetos a la aprobación de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ

#### **Equipos**

Equipo de perforación: Los equipos para perforar los huecos requeridos para las inyecciones deberán ser adecuados para perforar en los diámetros y longitudes previstas en los planos y en las presentes especificaciones y deberán ser suministrados por el CONSTRUCTOR.

Equipo de inyección: De acuerdo con los rendimientos requeridos, el CONSTRUCTOR deberá suministrar equipos y accesorios suficientes para ejecutar las inyecciones que se requieran de acuerdo con las presiones y caudales máximos indicados en las especificaciones. Este equipo deberá ser del tipo y capacidad aprobados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y deberá mantenerse, en todo momento, en condiciones óptimas de operación.

Con un plazo no menor de ocho (8) días antes de que el CONSTRUCTOR tenga programado enviar el equipo de inyección al sitio de la obra, deberá someterlo a la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ

para su aprobación. Cada equipo para inyección que se suministre para la obra deberá incluir el siguiente equipo mínimo:

#### Equipo para inyecciones

- Una bomba de flujo continuo o de pistón para operación y otra auxiliar, cada una con capacidad para operar a una presión máxima efectiva de descarga de 10 kg/cm<sup>2</sup>. Las bombas deberán tener una capacidad para operar a baja presión y en forma efectiva y podrán tener una variación en la presión de inyección del 5% como máximo. Se deberá instalar en la toma de las bombas una conexión para agua con el fin de facilitar el lavado del sistema y la inyección de agua dentro de los huecos, además de un sistema que garantice el retorno de la mezcla hasta el agitador.
- Un mezclador coloidal de alta velocidad no menor de 1300 rpm, capaz de mezclar agua, cemento, arena y aditivo. El mezclador deberá estar equipado con un dispositivo medidor de agua calibrado para dar lecturas en litros y décimas de litro. El mezclador deberá tener la capacidad suficiente para asegurar el suministro suficiente de mezcla, cuando se esté inyectando al gasto máximo especificado.
- Un dosificador volumétrico o por peso que permita obtener las mezclas deseadas con una precisión del 1%.
- Un agitador mecánico con capacidad para agitar y mantener en suspensión todos los materiales sólidos contenidos en la mezcla. El agitador deberá estar equipado con tamices que permitan remover de las mezcladoras y del tubo de retorno, cualquier mezcla endurecida o cualquier material extraño que sea retenido por un tamiz No 100 U.S. "Standard" cuando se utilicen lechadas o un No. 8 o No. 16 si es una mezcla con arena. La capacidad del agitador no deberá ser menor que la del mezclador. El agitador deberá estar graduado en décimas de metro cúbico de modo que el volumen inyectado de mezcla se pueda medir con suficiente aproximación. Se deberá colocar el agitador a menos de 30 m del hueco que se esté inyectando.
- Un tanque auxiliar para el suministro de agua, el cual se usará en las pruebas de presión, lavado y operaciones de lavado a presión.
- Obturadores expandibles para aislar los tramos de los huecos que se estén inyectando o en los cuales se estén realizando ensayos de agua a presión. El diseño de estos obturadores debe ser tal que se puedan expandir para sellar los huecos en las localizaciones requeridas y que sean capaces de mantener, sin fugas, presiones de agua iguales a las presiones máximas de inyección durante un período de 10 minutos. Además, deberán permitir su colocación aislada o en pares para separar tramos especiales, con espaciamientos ajustables entre 1,5 m y 6,0 m.
- Todas las válvulas, medidores del flujo de agua, medidores de mezcla, mangueras de presión, tuberías, manguitos, tapones, conexiones y herramientas necesarias para efectuar la operación de inyección de acuerdo con lo especificado. La distribución del equipo de inyección deberá ser tal que provea una circulación continua de una mezcla de consistencia uniforme a través del sistema y que permita un control exacto de la presión en la entrada del hueco sometido a inyección. El equipo deberá tener un sistema de circulación doble en el cual una línea suministre la mezcla desde la bomba al cabezal de la entrada del hueco y la otra línea retorne la lechada del cabezal al agitador. El diámetro interior de todas las líneas del sistema de circulación no deberá ser menor de 38 mm. El cabezal de inyección suministrado para alimentar la lechada o mortero dentro del hueco, deberá incluir una conexión de suministro, una conexión con válvula al hueco y una línea de retorno con una válvula.
- El sistema deberá tener dos manómetros con glicerina, con el rango apropiado de presiones, uno de los cuales deberá estar localizado a la salida de la bomba y el otro en la conexión con la válvula al hueco de modo que indique la presión de suministro de la mezcla y la presión de rechazo de la mezcla en el hueco.

Cada instalación para inyección deberá contar con facilidades de almacenamiento suficientes para suministrar cantidades adecuadas de cemento, agua y otros materiales de tal modo que la operación de inyección se pueda llevar a cabo sin interrupción. El equipo de inyección y los materiales deberán tener protección adecuada contra las infiltraciones del túnel.

Las perforaciones para las inyecciones de los micropilotes se deberán realizar mediante equipos de rotopercusión, con broca y perdidos. Se emplearán los manguitos de empalme que sean necesarios y los aditamentos centradores del varillaje. La inyección se deberá hacer con bombas que garanticen presiones mayores de 10 kg/cm<sup>2</sup> y que no presenten oscilaciones de las mismas, así como un flujo continuo.

### **Ejecución de los trabajos**

Todas las inyecciones a presión deberán ser ejecutadas bajo la directa y permanente supervisión de personal especializado del CONSTRUCTOR, y deberán seguir los procedimientos generales que se dan en este numeral. Las presiones de inyección podrán variar con el tipo de inyección y con las condiciones del hueco respectivo. La disposición del equipo de inyección deberá ser tal que se asegure una circulación continua de la lechada a través del sistema y permita un control exacto de las presiones.

Adicionalmente, será necesario contar con válvulas de purga instaladas en el sistema de tuberías de inyección y específicamente a la entrada de cada hueco, con el fin de purgar periódicamente el agua y la suspensión de baja concentración que se va formando durante el proceso de tal forma que se garantice que la suspensión que penetra tiene las características especificadas. Además de mantener la lechada en circulación, se deberá lavar el sistema periódicamente con agua con el fin de que el equipo y las tuberías no se atasquen. Toda la lechada que permanezca dentro de la mezcladora, el tanque o la tubería por un período mayor de 60 minutos después de haber sido mezclada, se deberá desechar, excepto cuando se empleen, previa aprobación, aditivos retardadores del fraguado. En este caso, se fijará el tiempo de acuerdo con la clase de retardador.

Para la ejecución de la inyección, el equipo principal y las conexiones deberán disponerse en la siguiente forma:

- La mezcla deberá suministrarse al tanque agitador, el cual deberá ubicarse a una distancia no superior a 50 m de la perforación. Esta distancia puede ser aumentada si se demuestra que no hay efectos adversos. A la salida del tanque agitador deberá disponerse un manómetro de lectura directa.
- La línea desde el tanque agitador se deberá conectar mediante una T a la tubería que va al hueco de inyección. La tubería de inyección deberá proveerse con una válvula, un manómetro de lectura directa y una válvula de purga. La primera válvula servirá para mantener la presión en la perforación cuando se suspenda el suministro de la mezcla. La otra salida de la T se deberá conectar a la línea de retorno al tanque agitador a través de una válvula que servirá para regular la presión de inyección.

Exhumación de micropilotes inyectados. Cuando se juzgue necesario, se hará la exhumación de los micropilotes para hacer la verificación de su estado y dimensiones.

Ensayos a tensión en los micropilotes. Como una manera de controlar la calidad del trabajo se deberán hacer ensayos de tensión (pull-out) a juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ con el fin de hacer las verificaciones a la lechada inyectada.

### **Terminación la inyección**

En las inyecciones en los micropilotes, se permitirá necesariamente que la lechada aflore en superficie, ya que éste es el indicador de terminación de la misma.

Cuando un tramo absorbe cantidades grandes de lechada espesa sin que aumente la presión, el CONSTRUCTOR podrá utilizar, previa aprobación, mortero con acelerantes de fraguado.

## **Reparación y limpieza**

Después de completar las inyecciones el CONSTRUCTOR deberá retirar todas las boquillas y conexiones para aplicación de lechada. Ningún tubo o conexión que se deje empotrado deberá sobresalir de la superficie. Todos los huecos y depresiones que resulten de esta operación en las superficies de concreto deberán ser llenados con mortero de consistencia seca, u otro mortero indicado en la obra. El CONSTRUCTOR deberá disponer de medios para retirar toda el agua de lavado y la lechada que se derrame durante la inyección.

## **Registros de las inyecciones**

El CONSTRUCTOR deberá llevar registros de todas las operaciones de inyección, que incluirán el tiempo empleado en cada operación y entre operaciones en la ejecución de la inyección, los cambios de las relaciones agua-cemento, las cantidades de aditivos y en general de los distintos materiales y otros datos que puedan considerarse necesarios. Por otra parte, el CONSTRUCTOR deberá llevar registros continuos o a intervalos cortos de la presión, caudal y volumen inyectados, como base del método de inyección. El hecho de que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ lleve sus propios registros no eximirá al CONSTRUCTOR de ninguna de sus obligaciones.

En general, el CONSTRUCTOR deberá hacer un informe detallado de inyección para cada tramo inyectado y para cada tipo de inyección. Estos informes deberán ser entregados a la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ una vez finalice la inyección y en ellos se deberá incluir:

- Identificación de la perforación.
- Posición del nivel freático.
- Tramo inyectado.
- Fechas y horas del principio y fin de la operación.
- Procedimiento detallado y etapas de las inyecciones.
- Posición del, o de los obturadores.
- Resultados de los ensayos de agua e inyección previos a la inyección, si se efectuaron.
- Características de la lechada.
- Variación de la presión, caudal y volumen inyectado con el tiempo.
- Fugas y otras anomalías observadas y su tratamiento.

### **1.11.4. Medida y pago**

La parte de la obra por ejecutar a los precios unitarios correspondientes a este numeral, consistirá en la ejecución de todo lo requerido para llevar a cabo los micropilotes tipo Titán o similar y deberá incluir el suministro de todos los materiales, instalaciones, equipo, mano de obra, limpieza de la zona de los trabajos, manejo de aguas, herramientas, todos los costos generados por el cumplimiento de lo estipulado en las especificaciones ambientales y en las de seguridad industrial y salud ocupacional, y todos los trabajos y costos en que deba incurrir el CONSTRUCTOR para la completa y correcta ejecución de los trabajos especificados y que no sean objeto de medida y pago por separado. El CONSTRUCTOR deberá incluir dentro de sus precios para todos los ítems, los costos por administración e imprevistos, así como sus utilidades (AIU).

## **Trabajos que no tendrán medida ni pago por separado**

No habrá medida ni pago por separado por las siguientes partes de la obra relacionada con los micropilotes, cuyo costo deberá estar incluido en los precios unitarios de los ítems del presente artículo cotizados por el CONSTRUCTOR:

- Suministro, instalación, mano de obra, y mantenimiento de todas las tuberías y accesorios que no quedarán como parte integral de la obra pero que se requieren para la ejecución correcta del trabajo.
- Suministro, traslado e instalación de los equipos para la ejecución de las perforaciones y suministro de mano de obra, herramientas y repuestos y mantenimiento de los equipos, etc.
- Suministro, traslado e instalación de los equipos para ejecución de inyecciones y suministro de mano de obra, herramientas y repuestos y mantenimiento de los equipos de inyección, la conexión a las perforaciones, el lavado de las perforaciones, el suministro de cemento, arena, y aditivos para la lechada de inyección y los demás materiales y operaciones requeridas para ejecutar las inyecciones que se indiquen en estas especificaciones o que le sean ordenadas en la obra.
- Suministro, traslado e instalación de los equipos para ejecución de ensayos y suministro de materiales, mano de obra, herramientas y repuestos para dichos equipos y mantenimiento de los mismos, y otros trabajos necesarios para realizar los ensayos.

El CONSTRUCTOR deberá tener en cuenta que no habrá pago específico por los costos de las operaciones que se detallan a continuación:

- Lechada utilizada o desperdiciada por anclaje inadecuado de los tubos de inyección, mala conexión, fallas del equipo o descuido del CONSTRUCTOR, mal mezclado o mezclado por períodos mayores de los aprobados. Los volúmenes de lechada que se desperdicien por causas ajenas al CONSTRUCTOR y que no sean de su control, le serán pagados a éste a los precios unitarios acordados en el Contrato.
- Lechada remanente en la planta de mezclas al terminar el proceso de inyección.
- Los computadores, sistemas de computación y todo el sistema de automatización requerido para llevar el control de la trayectoria de las inyecciones.
- Todo el equipo, materiales y mano de obra requeridos para la elaboración de las mezclas y los ensayos de campo para el diseño de las mezclas de lechada y mortero.
- El agua utilizada para cualquier mezcla para inyecciones contempladas en estas especificaciones.
- Todas las operaciones de lavado con agua a presión.
- La mezcla desperdiciada por el CONSTRUCTOR o rechazada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.
- Los aditivos plastificantes y superplastificantes y los utilizados por el CONSTRUCTOR para su propia conveniencia aunque el uso de tales materiales haya sido aprobado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.
- Todos los huecos que deban abandonarse por taponamientos, derrumbes o cualquier otra causa imputable al CONSTRUCTOR.
- Todos los trabajos necesarios para evacuar las aguas, mezclas o lodos que retornen de las perforaciones durante el proceso mismo de la perforación.
- Todos los demás trabajos que deberá ejecutar el CONSTRUCTOR para cumplir lo especificado en este artículo y que no son objeto de ítems separados de pago.

### Requisitos para la medida y pago

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ autorizará la medida y pago de los ítems enumerados en este numeral, cuando el CONSTRUCTOR haya completado a satisfacción de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y todo de acuerdo con estas especificaciones, los siguientes trabajos:

- Entrega de los registros de inyección, de las cantidades de materiales utilizados en cada uno de los huecos ejecutados para inyección.
- Cumplimiento con lo indicado en este Artículo, planos e instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, respecto al rumbo e inclinación, profundidad, longitud, diámetro de los huecos para las perforaciones para micropilotes.

#### Medida

- La unidad de medida para el pago de los micropilotes será la longitud en metros (m) a lo largo del hueco perforado, con aproximación al décimo de metro, hasta la profundidad especificada. No se medirán, para efectos de pago, las longitudes de tubería o varillaje a través de las cuales se hagan las perforaciones e inyecciones.
- La unidad de medida para el pago del suministro de cemento Portland para las inyecciones y para los aditivos realmente inyectados será el Kilonewton (kN), con aproximación al centésimo, e incluirá el suministro de todos los equipos requeridos para ejecutar adecuadamente la actividad. Si se ordena al CONSTRUCTOR la utilización de arena en las inyecciones de lechada, un metro cúbico de arena será equivalente, para efectos de pago, a 13,2 kN de cemento.

#### Pago

Los precios unitarios propuestos para las perforaciones y ejecución de los micropilotes tipo Titán, hasta la profundidad especificada deberán incluir:

- Todos los costos tales como la perforación de los huecos, el suministro, el traslado e instalación de equipos, el suministro de los materiales, transporte, herramientas, incluyendo el varillaje, las brocas y agua técnica y la mano de obra que se requieran para ejecutar estos trabajos.

El precio unitario para la labor de perforación de los micropilotes, incluirá las barrenas y la broca perdida, aditamentos que se quedan en la perforación, durante y después de la inyección. No habrá diferencia en el pago de las perforaciones si éstas se ejecutan a través de concreto o roca.

Todos estos trabajos, deberán estar cubiertos en su totalidad por el valor cotizado para el ítem 821-P del formulario F-1 -LISTA DE CANTIDADES Y PRECIOS- de la cotización del CONSTRUCTOR.

El precio unitario propuesto para el suministro del cemento para las inyecciones deberá incluir:

- Suministro, instalación, operación, disponibilidad, mantenimiento y posterior desmontaje de los equipos, la mano de obra y los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos de las inyecciones.
- Los trabajos se pagarán por el peso en kilonewtons del cemento realmente inyectado, según el precio unitario establecido en el contrato para el ítem: Equipos y suministro de cemento para inyecciones de micropilotes tipo Titán.

Los precios unitarios indicados en esta especificación serán la compensación total por los costos en que incurra el CONSTRUCTOR por concepto de materiales, equipos, mano de obra, utilidades, imprevistos y gastos generales para realizar el trabajo de acuerdo con lo señalado en estas especificaciones, lo mostrado en los planos o lo indicado en la obra y recibido a satisfacción. En especial el CONSTRUCTOR incluirá dentro de los precios unitarios cotizados para la ejecución de los micropilotes los costos del suministro, instalación, movilización y operación de todos los equipos de perforación, sus accesorios y herramientas; materiales, lubricantes y combustibles; mano de obra; trabajos de limpieza, protección y mantenimiento;

revestimientos requeridos; control de agua requerido para ejecutar los trabajos que se refiere esta especificación y los demás materiales y trabajos necesarios para realizar los micropilotes de acuerdo con lo especificado.

#### ÍTEM DE PAGO

821-P.1 Micropilote tipo Titán o equivalente 73/35 Metro lineal (m)

821-P.2 Micropilote tipo Titán o equivalente 52/26 Metro lineal (m)

821-P.3 Micropilote tipo Titán o equivalente 73/53 Metro lineal (m)

821-P.4 Micropilote tipo Titán o equivalente 103/78 Metro lineal (m)

821-P.5 Equipos y suministro de cemento para inyecciones de micropilotes, ejecución de la inyección y pruebas Kilonewton KN

821-P.6 Micropilote tipo Titán o equivalente 30/16 Metro lineal (m)

821-P.7 Micropilote tipo Titán o equivalente 103/51 Metro lineal (m)

### 1.12. Art. 822P. Empradización

ART. 822P	EMPRADIZACIÓN	UD
822-P.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE EMPRADIZACIÓN	M2

#### 1.12.1. Descripción

Este trabajo consistirá en la ejecución de las empradizaciones, mediante la siembra de especies vegetales (pastos) sobre el material procedente de la capa vegetal obtenida en los descapotes. Se sembrarán las especies que sean aprobadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El espesor mínimo de la capa de material de descapote, compactado como se indica más adelante, que forma parte de la empradización será de 0,15 m.

#### 1.12.2. Ejecución del trabajo

- Preparación de las superficies por empradizar. Las superficies que se vayan a empradizar serán perfiladas y, de ellas, se deberán retirar las piedras de tamaño superior a 0,10 m, y los troncos, malezas y demás materiales sueltos indeseables.
- Colocación del suelo orgánico. El suelo orgánico que se empleará en la construcción de las empradizaciones, será el material producto de la operación del descapote que haya sido acumulado en sitios provisionales aprobados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Sólo en el caso en que el suelo almacenado sea insuficiente para esta labor, se podrán evaluar sitios para su obtención, los cuales deberán ser aprobados por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El material así seleccionado se cargará y transportará a los sitios que se empradizarán, donde se extenderá, utilizando métodos manuales o mecánicos, para cubrir uniformemente toda el área, con un espesor de 0,15 m, una vez compactado.

- Riego de cal. Al material orgánico así extendido se le regará cal agrícola (carbonato de calcio) para corregir la acidez, a razón de 0,2 kg por metro cuadrado. La cal será dolomítica; la mezcla se hará con rastrillos u otro equipo adecuado, para que haya una mezcla lo más uniforme posible. En el proceso de la mezcla se pulverizarán los terrones grandes de suelo orgánico y se retirarán las

piedras, troncos y demás materiales indeseables. En ningún caso la mezcla de cal con el suelo orgánico se hará con humedad excesiva para evitar que se pegue a los equipos y poder obtener una mezcla satisfactoria.

- Compactación. La mezcla de suelo orgánico y cal, anteriormente descrita, se compactará con dos pases de tractor de oruga, o de cualquier equipo aprobado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Para la empradización se podrán emplear métodos de siembra de estolones o de semillas; estas últimas pueden sembrarse al voleo, con mantos o por hidrosembradora. Dichos métodos se aplicarán de manera diferencial, de acuerdo con las características de los sitios, como se describe en el Programa de Revegetalización del Plan de Manejo Ambiental.

- Siembra de estolones. La capa de suelo así preparada se sembrará con estolones de una especie de pasto apropiada para la región, los cuales serán sanos, frescos y con un sistema reticular bien formado.

Los estolones se sembrarán a mano, cuando el suelo no esté demasiado húmedo o muy seco, en surcos con una separación no mayor de 0,40 m, en ambas direcciones. Los estolones serán sembrados en el suelo a una profundidad de 0,05 a 0,10 m con una herramienta apropiada.

La siembra se hará en tiempo meteorológico adecuado, según aprobación de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Si se requiere riego de agua, el CONSTRUCTOR lo hará hasta la germinación del pasto, con métodos de aplicación aprobados.

- Siembra de semilla al voleo: Se esparcirán al voleo o se sembrarán en surcos, con una separación de 0.30 m entre ellos y 0.10 m de profundidad. El fertilizante se colocará en el surco antes de la siembra y se cubrirá con 0.05 cm de suelo; posteriormente se depositarán las semillas y se cubrirán con la tierra extraída. Las semillas de leguminosas se colocarán en agua, por 24 horas, para facilitar la germinación; después de este tiempo se retirarán y se dejarán secar al aire libre, antes de la siembra.
- Siembra de semilla por mantos: Para garantizar el establecimiento de la vegetación en sitios de pendientes menores que 45° se empleará biomanto (como el 1810 de la Compañía de Empaques o similar) y se sembrará al voleo o en los surcos; para pendientes mayores que 45° se empleará agrotexil y la siembra se realizará mediante la aplicación del lodo fértil, el cual se preparará con materia orgánica (gallinaza), suelo orgánico, arcilla, el fertilizante completo y las semillas; la mezcla se colocará sobre el talud y sobre ella el agrotexil.

El manto (nombre común para el agrotexil y el biomanto) se colocará sin temarlo, para lograr que esté en contacto directo con el suelo, sin realizar traslapeo en los agrotexiles, porque se inhibe la germinación. En la parte inferior y superior se trazará una cuneta pequeña para enterrar el manto, anclándolo con grapas, y se cubrirá nuevamente con la tierra removida de la zanja.

- Hidrosiembra: En los taludes de pendientes fuertes donde se alternen la roca y el suelo, se hará riego con hidrosembradora. Para realizar la actividad se preparará, previamente, una mezcla de agua, fertilizante y semilla, y se lanzará sobre el talud cubriendo, con ella, totalmente la superficie. La mezcla deberá mantenerse homogénea para esparcirla en una capa de 0,5 a 2 mm de espesor. Una vez colocada, se recubrirá con el agrotexil para favorecer el establecimiento y desarrollo de las semillas.
- Aplicación de fertilizantes. Una vez que el pasto sembrado manualmente empiece a germinar, se aplicarán fertilizantes formados por una mezcla de partes iguales de Calfos y Urea, en cantidad de 600 kg por hectárea; para esta aplicación el CONSTRUCTOR obtendrá la información requerida del fabricante del abono y la presentará a la consideración de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

- Podas. Cuando la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ lo ordene, el CONSTRUCTOR realizará el corte del pasto, mediante la utilización de guadañadoras u otro equipo adecuado.
- Mantenimiento. El CONSTRUCTOR deberá mantener las obras de empradización durante todo el período del contrato y fundamentalmente garantizará que el crecimiento exagerado de los pastos no obstaculice el drenaje normal del talud.

### 1.12.3. Medida

La medida de la empradización será el área en metros cuadrados, con aproximación al décimo de metro cuadrado, medida sobre la superficie empradizada. El área se obtendrá de acuerdo con las líneas que demarcan los taludes en las secciones originales.

### 1.12.4. Forma de pago

El pago se hará al precio unitario establecido en el contrato para el ítem: “Empradización”. Dicho precio incluirá los costos de cargue, manejo y transporte del material orgánico, de los sitios de acopio provisional a las áreas por empradizar; la preparación del suelo, el encalado; la siembra de estolones y semillas de las especies vegetales indicadas, el suministro y utilización de fertilizantes y mantos, el riego con agua, las podas y el mantenimiento de la empradización hasta su entrega final.

### ÍTEM DE PAGO

822-P.1 Suministro, transporte e instalación de empradización (m2)

## 1.13. Art. 900. Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes

ART. 900	TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE EXCAVACIONES Y DERRUMBES	UD
900.2	TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES	M3-KM

### 1.13.1. Descripción

Este trabajo consiste en el transporte de los materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos, y el transporte de los materiales provenientes de derrumbes.

Esta especificación no es aplicable al transporte de líquidos, productos manufacturados, elementos industriales, ni al de agregados pétreos, mezclas asfálticas, materiales para la construcción de los pavimentos rígidos, obras de concreto hidráulico y de drenaje.

### 1.13.2. Materiales

#### Materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos

Hacen parte de este grupo los materiales provenientes de las excavaciones requeridas para la explanación, canales y préstamos, para su utilización o desecho, a que hace referencia el Artículo 210 de las presentes especificaciones.

Incluye, también, los materiales provenientes de la remoción de la capa vegetal o descapote y otros materiales blandos, orgánicos y objetables, provenientes de las áreas donde se vayan a realizar las excavaciones de la explanación, terraplenes y pedraplenes.

#### Materiales provenientes de derrumbes

Hacen parte de este grupo los materiales provenientes del desplazamiento de taludes o del terreno natural, depositados sobre una vía existente o en construcción, a que hace referencia el Artículo 211, "Remoción de derrumbes", de las presentes especificaciones.

### **1.13.3. Equipo**

Los vehículos para el transporte de materiales estarán sujetos a la aprobación de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ y deberán ser suficientes para garantizar el cumplimiento de las exigencias de esta especificación y del programa de trabajo. Deberán estar provistos de los elementos necesarios para evitar contaminación o cualquier alteración perjudicial del material transportado y su caída sobre las vías empleadas para el transporte.

Todos los vehículos para el transporte de materiales deberán cumplir con las disposiciones legales vigentes referentes al control de la contaminación ambiental.

Ningún vehículo de los utilizados por el CONSTRUCTOR para transporte por las vías de uso público de los materiales provenientes de excavaciones y derrumbes podrá exceder las dimensiones y las cargas admisibles por eje y totales fijadas por las disposiciones legales vigentes al respecto.

### **1.13.4. Ejecución de los trabajos**

#### **Transporte de los materiales**

La actividad de la presente especificación implica solamente el transporte de los materiales a los sitios de utilización o desecho, según corresponda, de acuerdo con el proyecto y las indicaciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, quien determinará cuál es el recorrido más corto y seguro para efectos de medida del trabajo realizado.

#### **Manejo Ambiental**

Todas las determinaciones referentes al transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

En particular, se deberá prestar atención al correcto funcionamiento del equipo de transporte en materia medioambiental y a la correcta utilización de los lugares de vertido de los desperdicios generados por las unidades de obra a las cuales se hace referencia en este Artículo.

### **1.13.5. Condiciones para el recibo de los trabajos**

#### **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se deberán efectuar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de los vehículos de transporte;
- Comprobar que las ruedas del equipo de transporte que circule sobre las diferentes capas de pavimento se mantengan limpias. El Interventor exigirá al Constructor la limpieza de la superficie en caso de contaminación atribuible a la circulación de los vehículos empleados para el transporte de los materiales. Si la limpieza no fuere suficiente, el Constructor deberá remover la capa correspondiente y reconstruirla de acuerdo con la respectiva especificación, a sus expensas;
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad para el transporte de materiales;
- Determinar la ruta para el transporte al sitio de utilización o desecho de los materiales, siguiendo el recorrido más corto y seguro posible;
- Exigir el cumplimiento de las normas ambientales para el transporte de materiales.

### Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

La ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ sólo medirá el transporte de materiales autorizados de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y sus instrucciones. Si el Constructor utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, éste solamente computará la distancia más corta que se haya definido previamente.

Para efectuar la medición del transporte de materiales se requerirá, también, que se hayan efectuado las mediciones de densidad seca o peso unitario seco del material en su posición original; así mismo, si el material transportado es utilizado en la construcción, será necesario medir la densidad seca o el peso unitario seco del material compactado en su posición final.

#### 1.13.6. Medida

Las unidades de medida para el transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes, serán las siguientes:

#### Materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos

Para el transporte de materiales a una distancia entre cien metros (100 m) y mil metros (1.000 m), la unidad de medida será el metro cúbico-Estación (m<sup>3</sup>-E). La medida corresponderá al número de metros cúbicos, aproximado al entero, de material transportado medido en su posición original y multiplicado por la distancia de transporte, en estaciones de cien metros (100 m), con aproximación al décimo de estación.

Cuando los materiales deban ser transportados a una distancia mayor de mil metros (1.000 m), la unidad de medida será el metro cúbico-kilómetro (m<sup>3</sup>-km). La medida corresponderá al número de metros cúbicos, aproximado al metro cúbico completo, medido en su posición original, y multiplicado por la distancia de transporte expresada en kilómetros, con aproximación al décimo de kilómetro.

Cuando la medida del volumen por pagar dé como resultado una fracción igual o superior a medio metro cúbico ( $\geq 0.5m^3$ ), la aproximación al entero se realizará por exceso; en caso contrario, ella se efectuara por defecto. En relación con la distancia, si la medida de ésta da lugar a una fracción igual o superior a cinco centésimas de estación ( $\geq 0.05E$ ), la aproximación será a la décima de estación por exceso y si la fracción es menor, la aproximación será por defecto. Si la distancia es medida en kilómetros y su resultado da lugar a una fracción igual o superior a cinco centésimas de kilómetro ( $\geq 0.05Km$ ), la aproximación se realizará a la décima superior; en caso contrario, se aproximará a la décima inferior. El producto del volumen por la distancia se aproximará al entero, aplicando el mismo criterio descrito en este párrafo para el redondeo del volumen.

La distancia de transporte será la existente entre el centro de gravedad de las excavaciones y el centro de gravedad de los sitios de utilización o disposición, menos cien metros (100 m) de distancia de acarreo libre.

Para el caso de materiales que se utilicen en la construcción y deban ser compactados, su volumen se calculará a partir del volumen de material colocado y compactado, en su posición final, multiplicado por la relación entre las densidades secas del material compactado y del material en su posición original. Esta relación será determinada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ mediante ensayos representativos de densidades en el terreno, efectuando las correcciones por presencia de partículas gruesas, según la norma de ensayo INV E-228, siempre que corresponda ejecutarla.

Por densidad seca en su posición original se entenderá la que presente el material en el banco en el cual es explotado, razón por la cual no se podrá considerar como tal la densidad seca que presente el material en estado suelto sobre el camión o en acopios.

#### Materiales provenientes de derrumbes

La unidad de medida para el transporte de materiales provenientes de derrumbes será el metro cúbico-kilómetro (m<sup>3</sup>-km).

La medida corresponderá al número de metros cúbicos completos, medidos en estado suelto según se indica en el Artículo 211 de estas especificaciones y multiplicado por la distancia de transporte expresada en kilómetros, con aproximación al décimo de kilómetro.

En relación con la distancia, si la medida de ésta da lugar a una fracción igual o superior a cinco centésimas de kilómetro ( $\geq 0.05\text{Km}$ ), la aproximación se realizará a la décima superior; en caso contrario, se aproximará a la décima inferior. El producto del volumen por la distancia se aproximará al entero. Cuando la medida del transporte de materiales por pagar dé como resultado una fracción igual o superior a medio metro cúbico-kilómetro ( $\geq 0.5 \text{ metro}^3\text{-km}$ ), la aproximación al entero se realizará por exceso; en caso contrario, ella se efectuará por defecto.

La distancia de transporte será la existente entre el centro de gravedad del sitio de extracción del derrumbe y el centro de gravedad de los sitios de disposición final, menos cien metros (100 m) de distancia de acarreo libre.

#### **1.13.7. Forma de pago**

El pago de las cantidades de transporte de materiales determinadas en la forma indicada anteriormente, se hará al precio unitario pactado en el contrato, por unidad de medida, conforme a lo establecido en este Artículo y a las instrucciones del Interventor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, equipo, herramientas, acarreo y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos aquí contemplados.

El precio unitario deberá incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del Constructor.

El precio unitario no incluirá los costos por concepto de los diferentes cargues, descargues y disposición del material, los cuales se encuentran incluidos en los precios unitarios de los ítems correspondientes.

Cualquier otro transporte no contemplado en este Artículo deberá ser incluido en el precio unitario del ítem respectivo.

### **ÍTEM DE PAGO**

900.2 Transporte de materiales provenientes de la excavación de la explanación y canales (m<sup>3</sup>-km)

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN**



**"REALIZAR LA FASE 1 DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLANACIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE MATERIALES SOBANTES, ASÍ COMO LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VARIAS DE DRENAJE Y LA ADECUACIÓN Y CONFORMACIÓN DE SITIOS DE DEPÓSITO DE MATERIALES SOBANTES, NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ETAPA 1 DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PALESTINA – CALDAS ".**

**ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ**

**DICIEMBRE DE 2020**

## Índice de documento

<b>0. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b> .....	4
1.1. Art. 201. Demolición y remoción .....	6
1.2. Art. 600. Excavaciones varias .....	6
1.3. Art. 630. Concreto estructural .....	14
1.4. Art. 671. Cunetas revestidas en concreto .....	15
1.4.1. Descripción .....	16
1.4.2. Materiales .....	16
1.4.3. Equipo .....	17
1.4.4. Ejecución de los trabajos .....	17
1.4.5. Condiciones para el recibo de los trabajos .....	19
1.4.6. Medida .....	20
1.4.7. Forma de pago .....	21
1.5. Art. 673. Subdrenes con geotextil y material granular .....	24
1.6. Art. 676-P. Tubería de PVC .....	25
1.6.1. Descripción .....	25
1.6.2. Procedimiento de ejecución .....	25
1.6.3. Materiales y equipos.....	25
1.6.4. Observaciones.....	26
1.6.5. Medida y forma de pago.....	26
1.6.6. No conformidad .....	26
1.7. Art. 677-P. Geomembrana HDPE .....	26
1.7.1. Descripción .....	26
1.7.2. Procedimiento de ejecución .....	26
1.7.3. Materiales y equipos.....	27
1.7.4. Observaciones.....	27
1.7.5. Medida y forma de pago.....	27
1.7.6. No conformidad .....	27
1.8. Art. 920-P. Conformación y compactación en zonas de depósito .....	27
1.8.1. Descripción .....	27
1.8.2. Ejecución del trabajo .....	28
1.8.3. Preparación del terreno .....	28
1.8.4. Construcción del cuerpo del depósito .....	28
1.8.5. Acabado de la corona del depósito .....	28



1.8.6.	Estabilidad .....	29
1.8.7.	Manejo ambiental .....	29
1.8.8.	Condiciones para el recibo de los trabajos .....	29
1.8.9.	Medida .....	30
1.8.10.	Forma de pago .....	30
1.9.	Art. 950-P. Capa drenante en arena .....	31
1.9.1.	Construcción del cuerpo del depósito .....	31
1.9.2.	Medida .....	31
1.9.3.	Forma de pago .....	31

## 0. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### GENERALIDADES:

Para la ejecución de este proyecto se deberá cumplir con las presentes Especificaciones Técnicas Generales y/o Particulares y con todas aquellas Especificaciones Técnicas que definan el Interventor del Contrato y/o la Asociación Aeropuerto del Café.

Todas las labores que desarrolle el **CONTRATISTA** en la ejecución de las obras deberán estar dentro de las normas y procedimientos que garanticen la seguridad del personal de la obra y de todas las demás personas autorizadas para transitar dentro del área de la obra, y de los particulares, cuando la construcción afecte las zonas públicas.

El **CONTRATISTA** deberá suministrar cascos a su personal, lo mismo que guantes, anteojos, calzado, cinturones de seguridad para trabajo en altura y cualquier otro elemento necesario para su seguridad, exigirá su uso, mantendrá en la obra elementos de primeros auxilios y cumplirá con todas las normas referentes a seguridad laboral que contemple la Ley Colombiana. De igual manera, y previo al inicio de ejecución del contrato, presentará para aprobación de la Interventoría el protocolo de bioseguridad que será implementado, con ocasión de la emergencia sanitaria declarada por Covid19.

El **CONTRATISTA** deberá tener afiliado a todo el personal, tanto directo como de subcontratistas, al Sistema Integral de Seguridad Social en **SALUD, RIESGOS PROFESIONALES Y PENSION**. Ningún trabajador podrá ingresar a la obra sin haber sido previamente afiliado, por lo menos con un día de antelación al inicio de sus actividades. De igual manera, deberá realizar el respectivo pago de aportes parafiscales conforme a la ley.

Los materiales a utilizar en la construcción de las obras deben ser nuevos y de primera calidad.

El **CONTRATISTA** deberá mantener en completo orden y aseo todos los sitios de trabajo, instalaciones y accesos a la obra, y deberá destinar un sitio exclusivo para acumular los escombros y basuras que deberán ser retirados inmediatamente lo solicite el Interventor y/o la **Asociación Aeropuerto del Café**.

El descargue de materiales se hará en completo orden, procurando que estos queden bien arrumados para evitar que la obra presente un mal aspecto, y los desperdicios de material que queden de ese descargue deberán ser retirados inmediatamente.

- **INSTALACIONES PROVISIONALES - CAMPAMENTOS**

Será el Conjunto de instalaciones generales destinadas al almacenamiento de materiales, accesorios, equipos de construcción, oficinas y baños para el personal del **CONTRATISTA** y de su Vigilancia.

Los costos inherentes a la construcción de Instalaciones provisionales y campamentos, los deberá estimar el proponente dentro de los Costos de Administración.

- **CONTROL Y MANEJO PROVISIONAL DE AGUAS**

Se refiere al manejo de aguas lluvias. El **CONTRATISTA** deberá ejecutar todas las obras provisionales y trabajos que sean necesarios para desaguar y proteger la zona de construcción y demás zonas donde la presencia de agua afecta la calidad, economía o estabilidad de la construcción, en caso que se requiera.

Los trabajos consistirán en la captación, desvío, conducción y disposición de las aguas, de manera que no interfieran con el adelanto de la obra ni con su conservación.

Los costos inherentes al control y manejo de aguas los deberá estimar el proponente dentro de los ítems o actividades correspondientes, o en los costos de Administración.

- **RED PROVISIONAL DE ENERGIA E ILUMINACION**

Consiste en la instalación y suministro de la energía eléctrica necesaria según el estimado del proponente, incluyendo acometida y transformador si lo requiere, red de iluminación y redes para Oficinas, almacén y cuartos de Personal, y redes para el manejo de la obra.

Los costos inherentes a esta actividad los deberá estimar el proponente dentro de los Costos de Administración.

- **RED PROVISIONAL DE AGUA**

Consiste en la instalación provisional de la acometida para suministro de agua, según estimado del proponente, para alimentar equipos, para producción de Concreto, para riego y curado de concreto, para Oficinas y servicios sanitarios de empleados y obreros.

Los costos inherentes a esta actividad los deberá estimar el proponente dentro de los Costos de Administración.

- **VIGILANCIA**

Correrá por cuenta del **CONTRATISTA** la vigilancia de las instalaciones donde se realiza la obra, almacenes, equipos, herramientas y de los elementos antes y después de su instalación hasta el recibo final de la obra.

Los costos inherentes a esta actividad los deberá estimar el proponente dentro de los Costos de Administración.

- **TRABAJOS POR ADMINISTRACIÓN**

Cuando a juicio del **INTERVENTOR DEL CONTRATO** y/o **LA ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ** sea necesario ejecutar obras complementarias, y no se llegue a un acuerdo para la aprobación del precio unitario, su pago se hará por el costo real directo afectado por el factor de administración y utilidades presentado en la propuesta.

El costo real directo se obtendrá de la suma de los siguientes costos parciales.

1. Costo de materiales en obra, cuyo valor incluye únicamente el valor de adquisición y transporte de acuerdo a facturas presentadas.
2. Costo de alquiler de equipos liquidado de acuerdo a las tarifas presentadas por el **CONTRATISTA** en la propuesta.
3. Costos de la mano de obra necesaria, incluyendo los salarios de oficiales y ayudantes, afectados del porcentaje de prestaciones sociales previsto en la propuesta.
4. Herramienta, liquidada a los costos presentados en la propuesta.

## 1.1. Art. 201. Demolición y remoción

Se complementa el capítulo 1.2 **Art. 201. Demolición y remoción** incluyendo al inicio la siguiente tabla.

ART. 201	DEMOLICIÓN Y REMOCIÓN	UD
201.7	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS (INCLUYE RETIRO)	M3
201.16	REMOCIÓN DE CERCAS DE ALAMBRE (INCLUYE RETIRO)	ML

## 1.2. Art. 600. Excavaciones varias

ART. 600	EXCAVACIONES VARIAS	UD
600.1.1	EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR	M3

### 1.2.1. DESCRIPCIÓN

#### 1.2.1.1. Generalidades

Este trabajo consiste en la excavación necesaria para las fundaciones de las estructuras a las cuales se refiere el presente Artículo, de acuerdo con los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en los planos u ordenados por el Interventor. Comprende, además, la construcción de encofrados, ataguías y cajones y el sistema de drenaje que fuere necesario para la ejecución de los trabajos, así como el retiro subsiguiente de encofrados y ataguías. Incluye, también, la remoción, transporte y disposición de todo material que se encuentre dentro de los límites de las excavaciones y la limpieza final que sea necesaria para la terminación del trabajo. Se exceptúan las excavaciones contempladas por el Artículo 210 "Excavación de la explanación, canales y préstamos", las excavaciones para pilotes pre-excavados, las cuales están comprendidas en el Artículo 621, y cualquier otra excavación considerada en algún otro Artículo de estas especificaciones.

#### 1.2.1.2. Clasificación

##### 1.2.1.2.1. Excavaciones varias sin clasificar

Se refiere a los trabajos de excavaciones varias de cualquier material, sin importar su naturaleza ni la presencia de la tabla de agua.

#### **1.2.1.2.2. Excavaciones varias clasificadas**

#### **1.2.1.2.3. Excavaciones varias en roca en seco**

Comprenden la excavación del mismo tipo de material descrito en el numeral 210.1.3.2.1 del Artículo 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos”, de las presentes especificaciones.

#### **1.2.1.2.4. Excavaciones varias en roca bajo agua**

Comprenden toda excavación cubierta por el numeral anterior, donde la presencia permanente de agua sobre el nivel de la excavación dificulte la ejecución de ésta.

#### **1.2.1.2.5. Excavaciones varias en material común en seco**

Comprenden la excavación, en seco, de materiales no cubiertos por el numeral 600.1.2.2.1, “Excavaciones varias en roca en seco”.

#### **1.2.1.2.6. Excavaciones varias en material común bajo agua**

Comprenden toda excavación de los materiales considerados en el numeral anterior, pero donde la presencia permanente de agua sobre el nivel de la excavación dificulte la ejecución de ésta.

### **1.2.2. MATERIALES**

Los materiales provenientes de las excavaciones varias que sean adecuados y necesarios para la ejecución de rellenos, deberán ser almacenados por el Constructor para aprovecharlos en la construcción de aquellos, según lo determine el Interventor. Dichos materiales no se podrán desechar ni retirar de la zona de la obra para fines distintos a los definidos en los documentos del Contrato, sin la aprobación previa del Interventor. Los materiales de las excavaciones varias que no sean utilizables, deberán ser dispuestos de acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor, en zonas de disposición o desecho aprobadas ambientalmente.

### **1.2.3. EQUIPO**

El Constructor propondrá, para consideración del Interventor, los equipos más apropiados para las operaciones por realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar, los cuales no deberán producir daños innecesarios en vecindades o en la zona de los trabajos; y deberán garantizar el avance físico según el programa de trabajo, permitiendo el correcto desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

## **1.4.12. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### **1.2.3.1. Generalidades**

El Constructor deberá notificar al Interventor, con suficiente antelación al comienzo de cualquier excavación, para que se efectúen todas las medidas y levantamientos topográficos necesarios y se fije la localización de la estructura en el terreno original, según el tipo de estructura de que se trate. Antes de comenzar los trabajos de excavación, se deberán haber completado los trabajos previos de desmonte y limpieza, de conformidad con lo que resulte aplicable de lo especificado en el Artículo 200 de las presentes especificaciones. Si dentro de los límites de la excavación se encuentran estructuras, cimientos antiguos u otros obstáculos, éstos deberán ser retirados por el Constructor, quien no tendrá derecho a compensación adicional por las dificultades o contratiempos que ocasione la remoción y/o retiro de tales obstrucciones. Siempre que los trabajos lo requieran, las excavaciones varias deberán comprender labores previas, tales como el desvío de corrientes de agua o la construcción de cauces provisionales u otras que contemplen los planos del proyecto o indique el Interventor.

Los bordes exteriores de las excavaciones deberán delimitarse perfectamente, mediante estacas, jalones y líneas de demarcación de sus contornos. En las proximidades de toda excavación destinada a fundar estructuras o instalar alcantarillas, se colocará a lo menos una estaca de referencia altimétrica. Será de responsabilidad del Constructor conservar en todo momento la estaca de referencia altimétrica hasta la recepción de los trabajos; el Interventor, podrá ordenar la paralización de las excavaciones que no cuenten con esas referencias. Las excavaciones se deberán adelantar de acuerdo con los planos de construcción. Las cotas de fundación de zapatas indicadas en ellos se consideran aproximadas y, por lo tanto, el Interventor podrá ordenar que se efectúen todos los cambios que considere necesarios en las dimensiones de la excavación, para obtener una cimentación satisfactoria. El Constructor deberá tomar todas las precauciones para que la perturbación del suelo contiguo a la excavación sea mínima. En caso de que, al llegar a las cotas de cimentación indicadas en los planos, el material sea inapropiado, el Interventor podrá ordenar una excavación a mayor profundidad a efectos de obtener un material de fundación apropiado o, alternativamente, a excavar a mayor profundidad y rellenar con un material que cumpla requisitos de los denominados apropiados en el numeral 220.2.1 del Artículo 220 de estas especificaciones. En el primer caso, se deberá revisar los diseños de la estructura y efectuar las modificaciones que corresponda. En el segundo caso, el material de relleno será tratado conforme lo establece el Artículo 610, "Rellenos para estructuras", de estas especificaciones. En ambos casos, el Interventor definirá las cotas hasta las cuales se deberá profundizar la excavación. Para las excavaciones en roca, los procedimientos, tipos y cantidades de explosivos que el Constructor proponga utilizar, deberán contar con la aprobación previa del Interventor, así como la disposición y secuencia de las voladuras, las cuales se deberán proyectar de manera que su efecto sea mínimo por fuera de los taludes proyectados. En la dirección y ejecución de estos trabajos se deberá emplear personal que tenga amplia experiencia al respecto. Toda excavación que presente peligro de derrumbes que afecten el ritmo de los trabajos, la seguridad del personal o la estabilidad de las obras o propiedades adyacentes, deberá entibarse de manera satisfactoria para el Interventor. Los entibados deberán ser retirados antes de rellenar las excavaciones. Cuando no fuese posible mantener libre de agua el área de las excavaciones, mediante obras gravitacionales, se deberán instalar y mantener operando motobombas, mangueras, conductos deslizantes y todos los dispositivos necesarios que permitan mantener el agua a un nivel inferior al del fondo de las obras permanentes. Durante el bombeo, se deberá tener la precaución de no producir socavaciones en partes de las obras o alterar las

propiedades de los suelos. Cualquier daño o perjuicio causado por el desarrollo de los trabajos, en la obra o en propiedades adyacentes, será responsabilidad del Constructor quien, deberá reponer, a su costa, los daños y perjuicios causados, a plena satisfacción del Interventor.

### **1.2.3.2. Excavaciones para cimentaciones de estructuras de concreto**

#### **1.2.3.2.1. Excavación**

Los lugares para cimentaciones se deberán excavar conforme las líneas de pago indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor, para permitir la construcción de las mismas a todo su ancho y longitud y dejando un fondo con una superficie plana y horizontal. Cuando la cimentación deba asentarse sobre una superficie excavada que no sea roca, el Constructor deberá tener especial cuidado para no perturbar el fondo de la excavación, tomando la precaución adicional de no remover el material del fondo de la excavación, en mínimo veinte centímetros (20cm) (o lo que autorice el Interventor), hasta la cota de cimentación prevista, sino en el instante en que se esté por colocar el cimiento. En las excavaciones de las fundaciones de estructuras en cajón y pilas, el Constructor podrá adoptar el sistema constructivo que estime conveniente, siempre y cuando cuente con la aprobación del Interventor. Podrá facilitar el procedimiento constructivo con el empleo de islas, plataformas, sistemas neumáticos, aire comprimido, lanzas de agua, equipos de alto rendimiento de origen minero, y cualquier otro sistema autorizado. El empleo de cualquiera de estos sistemas constructivos derivados de las dificultades de la ejecución de obra, no implicará ningún pago adicional al pactado para el precio unitario establecido en esta especificación. Cuando se encuentre un fondo rocoso, la excavación se deberá ejecutar de tal forma, que la roca sólida quede expuesta y preparada en lechos horizontales o dentados para recibir el concreto, debiendo ser removidos todos los fragmentos de roca suelta o desintegrada, así como los estratos muy delgados. Las grietas y cavidades que queden expuestas, deberán ser limpiadas y rellenadas con concreto o mortero. Cuando se usen pilotes para soportar zapatas de estribos o pilas de puentes o viaductos, la excavación de cada fondo se deberá completar antes de iniciar la hinca y ésta deberá finalizar antes de comenzar la fundición de la zapata que se trate. Al terminar la hinca de los pilotes, el Constructor deberá retirar todo el material suelto o desplazado, con el fin de que quede un lecho plano y sólido para recibir el concreto.

#### **1.2.3.2.2. Ataguías y encofrados**

Las ataguías y encofrados que se conformen para la protección de las excavaciones donde se van a construir los cimientos, se deberán llevar a profundidades y alturas apropiadas para que sean seguras y tan impermeables como sea posible, para realizar adecuadamente el trabajo por ejecutar dentro de ellas. Las dimensiones internas de las ataguías y encofrados deberán dejar espacio suficiente para la construcción de formaletas y la inspección de sus partes externas, así como para permitir el bombeo por fuera de aquellos. Las ataguías y encofrados deberán ser construidos en tal forma, que protejan el concreto fresco contra cualquier daño que pudiera ocasionarle una creciente repentina y para prevenir cualquier daño debido a la erosión. En las ataguías y encofrados no se deberán dejar maderos o abrazaderas que puedan penetrar en el concreto del cimiento, salvo que el Interventor lo autorice por escrito.

No se permitirá ningún apuntalamiento de ataguías y encofrados que pueda producir esfuerzo, golpe o vibración en la estructura permanente. Las ataguías y encofrados inclinados o desplazados lateralmente durante el proceso de hincado, deberán ser enderezados, relocalizados o suplementados para obtener el espacio necesario y el lugar apropiado para la cimentación de la estructura. Al terminar el trabajo de que se trate, el Constructor deberá desmontar y retirar la obra falsa, de tal manera que no ocasione ningún daño al cimiento terminado.

#### **1.2.3.2.3. Sello de concreto**

Cuando, a juicio del Interventor, ocurran circunstancias que no permitan fundir el cimiento en seco, podrá exigir la construcción de un sello de concreto de las dimensiones que sean necesarias. El concreto deberá ser de la clase D definida en el Artículo 630, "Concreto estructural", de estas especificaciones. Después de colocado el sello, el agua se extraerá por bombeo, continuándose la ejecución del trabajo en seco. Cuando se utilicen encofrados de peso considerable con el fin de compensar parcialmente la presión hidrostática que actúa contra la base del sello de concreto, se deberán proveer anclajes especiales, tales como espigos o llaves, para transferir el peso total del encofrado a dicho sello. Cuando el agua esté sujeta a mareas o corrientes, las paredes del encofrado se deberán perforar a la altura de la marea más baja, para controlar y obtener igual presión hidrostática dentro y fuera del elemento, durante la fundida y el fraguado de los sellos.

#### **1.2.3.2.4. Conservación de los cauces**

A menos que una especificación particular indique algo diferente, no se permitirá ninguna excavación por fuera de los cajones, ataguías, encofrados o tablestacados, ni alterar el lecho natural de las corrientes adyacentes a la estructura, sin el consentimiento del Interventor. Si se efectúa cualquier excavación o dragado en el sitio de la estructura, antes de colocar los caisson, encofrados, ataguías o tablestacados, el Constructor deberá rellenar la zona excavada o dragada, a sus expensas, una vez colocada la cimentación, hasta la altura natural del terreno o lecho del río, con material aprobado por el Interventor. En cursos de agua navegables, el Constructor deberá mantener en todo momento, la profundidad del agua y los gálibos requeridos para el paso del tránsito lacustre o fluvial. También, deberá mantener luces y señales adecuadas durante todo el período de construcción. Los materiales provenientes de las excavaciones de cimientos o rellenos de ataguías que se depositen en la zona de la corriente de agua, deberán ser retirados por el Constructor, dejando el lecho de la corriente en las mismas condiciones en que se encontraba originalmente.

#### **1.2.3.2.5. Excavaciones para alcantarillas**

Las excavaciones para alcantarillas se deberán efectuar de conformidad con el alineamiento, dimensiones, pendientes y detalles mostrados en los planos del Proyecto y las instrucciones del Interventor. Cuando se vaya a colocar una alcantarilla por debajo de la línea del terreno original, se deberá excavar una zanja a la profundidad requerida, de acuerdo a los Artículos 660, 661 o 662 de las presentes especificaciones según corresponda, conformándose el fondo de la misma de manera que asegure un lecho firme en toda la longitud de la alcantarilla. El ancho de dicha zanja deberá ser el mínimo que permita trabajar a ambos lados de la alcantarilla y compactar debidamente el relleno debajo y alrededor de ella. Las paredes de la zanja deberán quedar lo más verticales que sea posible,

desde la cimentación hasta, por lo menos, la clave de la alcantarilla. Cuando se encuentre roca, ya sea en estratos o en forma suelta, o cualquier otro material que por su dureza no permita conformar un lecho apropiado para colocar la tubería, dicho material deberá ser removido hasta más abajo de la cota de cimentación y reemplazado por un material de subbase granular compactado, en un espesor mínimo de quince centímetros (15 cm). Esta capa se deberá compactar, como mínimo al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo INV E-142), teniendo en cuenta la corrección por presencia de partículas gruesas (Norma INV E-228), siempre que ella resulte necesaria. Cuando se presenten materiales suaves, esponjosos o inestables que no permitan una base firme para la cimentación de la alcantarilla, dichos materiales deberán ser removidos en una profundidad igual al ancho de la excavación o la que autorice el Interventor, debiendo ser rellenados posteriormente con un material adecuado, según el numeral 220.2.1 del Artículo 220, de las presentes especificaciones, el cual se compactará debidamente, para obtener un lecho firme y homogéneo.

#### **1.2.3.2.6. Excavaciones para filtros**

Las excavaciones para la construcción de filtros se deberán efectuar hasta la profundidad que se requiera y de conformidad con las dimensiones, pendientes y detalles que indiquen los planos del proyecto o determine el Interventor. Las paredes de las excavaciones deberán ser verticales y su fondo deberá ser conformado, a efecto de que quede una superficie firme y uniforme en toda su longitud.

#### **1.2.3.2.7. Excavaciones para gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, descoles y zanjas**

Las excavaciones para la fundación de gaviones y muros de contención de suelo reforzado con geotextil, así como las necesarias para la construcción de descoles, zanjas y obras similares, se deberán realizar de conformidad con las dimensiones y detalles señalados en los planos o determinados por el Interventor.

#### **1.2.3.2.8. Bombeo**

En cualquier excavación que lo requiera, el bombeo se deberá hacer de manera que excluya la posibilidad de arrastrar cualquier porción de los materiales colocados. No se permitirá bombear agua durante la colocación del concreto o durante las veinticuatro (24) horas siguientes, salvo que el bombeo se pueda efectuar desde un sumidero apropiado, separado de la obra de concreto por un muro impermeable u otros medios efectivos. No se deberá iniciar el bombeo para drenar una ataguía o encofrado sellado, hasta tanto el sello haya fraguado suficientemente para resistir la presión hidrostática y, en ningún caso, antes de siete (7) días o el lapso adicional que autorice el Interventor.

#### **1.2.3.2.9. Limpieza final**

Al terminar los trabajos de excavación, el Constructor deberá limpiar y conformar las zonas laterales de la misma y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y las indicaciones del Interventor.

#### **1.2.3.2.10. Limitaciones en la ejecución**

Las excavaciones varias sólo se llevarán a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente, a la sombra, no sea inferior a dos grados Celsius (2°C). Los trabajos de excavaciones varias se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Interventor o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

#### **1.2.3.2.11. Manejo ambiental y otras consideraciones**

Todas las labores de excavaciones varias se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. Los desvíos provisionales de los cursos de agua, no podrán dar lugar a modificaciones permanentes en los lechos de quebradas y ríos. Así mismo, se deberá evitar el represamiento y el empozamiento de agua que puedan originar áreas insalubres causantes de la proliferación de mosquitos y otras plagas. Todos los materiales removidos de las excavaciones y que no tengan uso previsto en la obra deberán ser cuidadosamente recuperados para evitar que puedan ser arrastrados a cursos de agua, y serán transportados y depositados en lugares apropiados, de la manera prevista en los documentos del proyecto u ordenada por el Interventor.

En cuanto a hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico, se seguirá lo dispuesto en el numeral 210.4.5 del Artículo 210 "Excavación de la explanación, canales y préstamos", de las presentes especificaciones.

### **1.2.4. CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### **1.2.4.1. Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales: - Verificar que el Constructor disponga de todos los permisos requeridos para la ejecución de los

trabajos. -Comprobar el estado del equipo utilizado por el Constructor. -Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos adoptados por el Constructor. -Vigilar el cumplimiento del programa de trabajo. -Verificar el cumplimiento de las normas ambientales aplicables. -Verificar alineamiento, perfil y secciones de las áreas excavadas. -Comprobar la lisura y firmeza del fondo de las excavaciones. -Medir los volúmenes de trabajo ejecutado por el Constructor en acuerdo a la presente especificación.

#### **1.2.4.2. Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

El trabajo se dará por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección de la excavación estén de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor y éste considere, además, que la conservación de cauces es satisfactoria. En ningún punto, la excavación realizada podrá variar con respecto a la autorizada por el Interventor en más de tres centímetros (3 cm) en cota, ni en más de cinco centímetros (5 cm) en la localización en planta. Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, a plena satisfacción del Interventor.

#### **1.2.5. MEDIDA**

La unidad de medida de las excavaciones varias será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado a la décima de metro cúbico, de material excavado en su posición original, determinado dentro y hasta las líneas de pago indicadas en los planos y en esta especificación o autorizadas por el Interventor. No habrá ninguna medida por los sobrecargos que se requieran para colocar encofrados, ni por el material que se haya excavado antes de que se hayan realizado los levantamientos topográficos mencionados en el numeral 600.4.1. Si el volumen medido de excavación aprobada contiene una fracción de metro cúbico igual o superior a cinco centésimas ( $\geq 0.05\text{m}^3$ ), la aproximación se realizará a la décima superior; en caso contrario, se aproximará a la décima inferior. Todas las excavaciones serán medidas por volumen realizado, verificado por el Interventor antes y después de ser ejecutado el trabajo de excavación. Si el Constructor cierra la excavación antes de que el Interventor realice la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente éste determine. En excavaciones para estructuras, alcantarillas y filtros, toda medida se hará con base en caras verticales a partir de los bordes autorizados de la excavación. Las excavaciones efectuadas por fuera de estos límites y los volúmenes adicionales causados por facilidad constructiva, desprendimientos, derrumbes, hundimientos, sedimentaciones o rellenos debidos a causas naturales, descuido o negligencia del Constructor, no se medirán y su corrección correrá por cuenta de éste, a plena satisfacción del Interventor. En caso de que ocurran derrumbes que el Interventor no atribuya a descuido o negligencia del Constructor, ellos se medirán, para efectos de pago, conforme lo establece el Artículo 211, "Remoción de derrumbes", de estas especificaciones. La medida de la excavación para la fundación de gaviones, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, así como para la ejecución de descoles, zanjas y similares, se hará con base en secciones transversales, tomadas antes y después de realizar el trabajo respectivo. No se incluirán en la medida las excavaciones realizadas por fuera de las líneas definidas en el proyecto o autorizadas por el Interventor.

### 1.2.6. FORMA DE PAGO

El trabajo de excavaciones varias se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con el proyecto, la presente especificación y las instrucciones del Interventor, para la respectiva clase de excavación, ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste. El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de la excavación, eventual perforación y voladura, remoción, cargue, transporte y descargue de todos los materiales excavados en las zonas de utilización o desecho, así como su correcta disposición en estas últimas. También, deberá cubrir los costos de todas las obras provisionales y complementarias, tales como la construcción de accesos, desvíos de corrientes de agua, construcción de cauces provisionales, trabajos de conservación de cauces; ataguías, encofrados, caisson, tablestacados, andamios, entibados y desagües; y los equipos, bombeos, transportes, mano de obra, explosivos, limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados. El Constructor deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio de utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el Interventor. De los volúmenes de excavación se descontarán, para fines de pago, aquellos que se empleen en la construcción de rellenos para estructuras, mampostería, muros de contención de suelo reforzado con geotextil, concretos, filtros, subbases, bases y capas de rodadura. En el caso de que los trabajos afecten una vía en la cual exista tránsito automotor, el precio unitario deberá incluir, además, los costos de señalización preventiva de la vía y el control del tránsito durante la ejecución de los trabajos. El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor. Los trabajos de desmonte y limpieza previos a la ejecución de las excavaciones, se medirán y pagarán de acuerdo con el Artículo 200, "Desmonte y limpieza", de las presentes especificaciones. El sello de concreto para la protección del fondo de la excavación, cuando se requiera, se medirá y pagará de acuerdo con el Artículo 630, "Concreto estructural".

### ÍTEM DE PAGO

600.1.1 Excavaciones varias sin clasificar

Metro cúbico (m3)

### 1.3. Art. 630. Concreto estructural

Se ajusta la tabla inicial del capítulo 1.4 **Art. 630. Concreto estructural**.

ART. 630	CONCRETO ESTRUCTURAL	UD
630.4.3	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA) PARA RECUBRIMIENTO E INYECCIÓN DE GAVIONES	M3
630.4.3.1	MORTERO PARA REVESTIMIENTO DE GAVIONES	M3

ART. 630	CONCRETO ESTRUCTURAL	UD
630-P.11	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE REVESTIMIENTO DE CUNETAS DE SUELO CEMENTO CON MANTO DE CONCRETO CANVAS DE 5 MM	M2
630-P.15	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA) PARA CANALES Y POCETAS	M3
630-P.16	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA) PARA CÁMARAS DE INSPECCIÓN - INCLUYE CILINDRO, CONO, BASE Y CAÑUELA	M3
630-P.17	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TAPAS EN CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA) PARA CÁMARAS DE INSPECCIÓN D = 0.60 m	UN

Se ajusta los ÍTEMS de pago.

#### ÍTEM DE PAGO

630.4.3 Suministro, transporte e instalación de concreto clase d (f'c = 21 MPa) para recubrimiento e inyección de gaviones (m3)

630.4.3.1 Mortero para revestimiento de gaviones (m3)

630-P.11 Suministro, transporte e instalación de revestimiento de cunetas de suelo cemento con manto de concreto canvas de 5 mm (m3)

630-P.15 Suministro, transporte e instalación de clase d (f'c = 21 MPa) para canales y pocetas (m3)

630-P.16 Suministro, transporte e instalación de concreto clase D (f'c = 21 MPa) para cámaras de inspección - incluye cilindro, cono, base y cañuela (m3)

630-P.17 Suministro, transporte e instalación de tapas en concreto clase D (f'c = 21 mpa) para cámaras de inspección d = 0.60 m

#### 1.4. Art. 671. Cunetas revestidas en concreto

ART. 671	CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO	UD
671.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CUNETA EN PIEDRA PEGADA CON CONCRETO CLASE D (F'C = 21 MPA)	M3
671-P.1	CONFORMACIÓN DE CANALES PROVISIONALES CON GEOTEXTIL T2400 IMPRIMADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA - DESARROLLO ANCHO GEOTEXTIL 1.90 m.	ML
671-P.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CINTA PVC DE 15 cm.	ML

## 1.4.1. Descripción

### 1.4.1.1. Generalidades

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción de cunetas de concreto prefabricadas o fundidas en el lugar. Las cotas de cimentación, las dimensiones, tipos y formas de las cunetas revestidas de concreto deberán ser las indicadas en los planos del proyecto u ordenadas por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

En caso necesario, incluye también las operaciones de alineamiento, excavación, conformación de la sección, suministro del material de relleno necesario y compactación del suelo de soporte.

## 1.4.2. Materiales

### 1.4.2.1. Concreto para cunetas vaciadas in situ

El concreto para la construcción de las cunetas vaciadas in situ será del tipo definido en los documentos del proyecto, y su elaboración se hará según lo especificado en el Artículo 630, “Concreto estructural”. Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las cunetas vaciadas in situ sin refuerzo y que no tienen la función de berma-cuneta se construirán con concreto de 14 MPa de resistencia a la compresión a 28 días.

#### Acero para cunetas vaciadas in situ

Si los documentos del proyecto lo requieren, el acero de refuerzo para la construcción de las cunetas deberá cumplir lo estipulado en el Artículo 640, “Acero de refuerzo”.

#### Piezas prefabricadas

Las piezas prefabricadas deberán cumplir con norma NTC-4109 “Prefabricados de concreto. Bordillos, cunetas, topellantas”.

Cada pieza prefabricada tendrá una longitud no menor de un metro (1 m) y sus dimensiones serán las señaladas en los planos del proyecto, sobre las cuales se admiten las tolerancias que se indican en la Tabla 671 - 1.

DIMENSIÓN	TOLERANCIA (mm)
Espesor	± 2
Ancho	± 5
Longitud	± 5

Tabla 671 – 1. Tolerancia para las dimensiones de las piezas prefabricadas

#### Material de relleno para el acondicionamiento de la superficie de apoyo

Todos los materiales de relleno requeridos para el adecuado soporte de las cunetas, serán seleccionados de los cortes adyacentes o de las fuentes de materiales, según lo establezcan los documentos del proyecto, y deberán cumplir con la condición de seleccionados, según el Artículo 220, “Terraplenes”, de estas especificaciones.

#### Sellante de juntas

Para el sello de las juntas transversales de las cunetas vaciadas en el lugar y todas las longitudinales entre el pavimento y la cuneta se empleará el material indicado en los documentos del proyecto, el cual podrá ser de uno de los siguientes tipos:

- Relleno premoldeado bituminoso, de acuerdo con la especificación AASHTO M 33.
- Relleno premoldeado no bituminoso, resiliente y no extruible, de los tipos I, II, o III de acuerdo con la especificación AASHTO M 33, a no ser que los documentos del proyecto establezcan otra cosa.
- Relleno premoldeado de fibra impregnada de bitumen, resiliente y no extruible, de acuerdo con la especificación AASHTO M 213.
- Sello premoldeado elastomérico para juntas, de acuerdo con la especificación AASHTO M 220.

#### Juntas con mortero entre piezas prefabricadas de concreto

En el caso de cunetas con piezas prefabricadas, los documentos del proyecto pueden indicar que la unión entre ellas sea con mortero. El mortero estará formado por una (1) parte de cemento hidráulico y tres (3) partes, en masa, de agregado que cumpla los requisitos de la norma NTC 2240 y cuya granulometría se ajuste a lo indicado en la Tabla 671 - 2.

TAMIZ (mm)	4.75	2.36	0.15	0.075
U.S. Standard)	No. 4	No. 8	No. 100	No. 200
% PASA	100	95-100	0-25	0-10

Tabla 671 – 2. Granulometría del agregado para mortero

#### 1.4.3. Equipo

Al respecto, es aplicable todo lo que resulta pertinente del numeral 630.3 del Artículo 630, “Concreto estructural”. En caso de que el acondicionamiento de la superficie se efectúe con cargo al presente Artículo, se deberá disponer de elementos para su conformación, para la excavación, cargue y transporte de los materiales, así como equipos manuales de compactación.

#### 1.4.4. Ejecución de los trabajos

##### Preparación de la superficie de apoyo

El Constructor deberá acondicionar la superficie de apoyo de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos del proyecto o establecidas por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad podrán incluir la excavación, el cargue, el transporte y la disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables, así como la conformación de los utilizables y el suministro, la colocación y la compactación de los materiales de relleno que se requieran para obtener la sección típica prevista.

Cuando el terreno natural sobre el cual se vaya a colocar o construir la cuenta no cumpla la condición de suelo tolerable, será necesario colocar una capa de suelo seleccionado según lo especificado en el Artículo 220, “Terraplenes” de estas especificaciones, mínimo de diez centímetros (10 cm) de espesor, convenientemente nivelada y compactada, de acuerdo con el mismo Artículo.

Durante la construcción de las cunetas se adoptarán las medidas oportunas para evitar erosiones y cambio de características de la superficie de apoyo. A estos efectos, el tiempo que la superficie de apoyo pueda permanecer sin revestir se limitará a lo imprescindible para la puesta en obra del concreto y, en ningún caso, será superior a ocho (8) días.

##### Elaboración del concreto

El Constructor deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborarla con la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en el numeral 630.4 del Artículo 630, “Concreto estructural”.

### **Cunetas vaciadas in situ**

#### **Colocación de formaletas para la construcción de cunetas vaciadas en obra**

Sobre la superficie preparada, el Constructor instalará las formaletas de manera de garantizar que las cunetas queden construidas con las secciones y los espesores señalados en los planos u ordenados por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### **Construcción de la cuneta**

Previo retiro de cualquier materia extraña o suelta y con la superficie de apoyo debidamente preparada, ésta se humedecerá y se procederá a colocar el concreto comenzando por el extremo inferior de la cuneta y avanzando en sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor sea, como mínimo, diez centímetros (10 cm) o el señalado en los planos si este es mayor.

El concreto deberá ser consolidado y curado conforme a lo establecido en el Artículo 630, “Concreto estructural”.

El Constructor deberá nivelar cuidadosamente las superficies expuestas para que la cuneta quede con las formas y dimensiones indicadas en los planos. Las pequeñas deficiencias superficiales deberá corregirlas mediante la aplicación de un mortero de cemento de un tipo aprobado por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Tanto si es fundida en sitio como si es prefabricada, la cuneta deberá quedar en permanente contacto en toda su área con el suelo de fundación.

#### **Remoción de las formaletas**

Si las operaciones de campo están controladas por ensayos de resistencia a compresión de cilindros, la remoción de formaletas se realizará cuando se alcance la resistencia fijada en el diseño. En caso contrario, el Interventor establecerá el plazo para ello, el cual no podrá ser menor de cuarenta y ocho horas (48h).

#### **Curado**

El curado de la cuneta de concreto fundida en el lugar se realizará atendiendo las instrucciones contenidas en el Artículo 630.

### **Cunetas de piezas prefabricadas**

En el caso de que la cuneta se construya uniendo elementos prefabricados, no se aceptarán piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfectos o roturas. Para tal fin, el Constructor deberá garantizar que el transporte, el almacenamiento, el acopio y su manipulación sean adecuados, sin que las piezas sufran tensiones de más del cincuenta por ciento (50 %) de su resistencia característica en ese proceso.

Las piezas de las cunetas prefabricadas se deberán colocar perfectamente alineadas, tan próximas entre sí como sea posible, y con la rasante de la fundación a las cotas previstas. Las piezas se deben asentar firmemente sobre la superficie preparada, de manera que queden en contacto en toda su área con el suelo de fundación.

### **Juntas**

Durante la construcción de cunetas vaciadas in situ, se deberán dejar juntas de contracción a intervalos no mayores de tres metros (3 m) y con la abertura que indiquen los planos u ordene el

Interventor. Sus bordes serán verticales y normales al alineamiento de la cuneta. Cuando las cunetas se construyan adosadas a un pavimento rígido, las juntas deberán coincidir con las juntas transversales del pavimento.

En las uniones de las cunetas con las cajas de entrada de las alcantarillas se ejecutarán juntas de dilatación, cuyo ancho estará comprendido entre quince y veinte milímetros (15 - 20 mm). Después del curado del concreto, las juntas se deberán limpiar, colocando posteriormente los materiales de relleno, sellado y protección que figuren en el proyecto.

Las juntas verticales de unión de las piezas prefabricadas se deberán rellenar, cuidadosamente, con un mortero de las características señaladas en este Artículo.

Las juntas longitudinales entre el pavimento y la cuneta se deberán rellenar con el producto sellante previsto en los planos, el cual deberá corresponder a uno de los tipos mencionados en el apartado de materiales. El empleo de un producto de otras características implicará la elaboración de una especificación particular.

### **Limpieza final**

Al terminar la obra y antes de la aceptación definitiva del trabajo, el Constructor deberá retirar del sitio de las obras todos los materiales excavados o no utilizados, desechos, sobrantes, basuras y cualquier otro elemento de similar característica, restaurando en forma aceptable para la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ toda propiedad pública o privada que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo, y dejando el lugar limpio y presentable. El material retirado se deberá depositar en un sitio aprobado por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### **Limitaciones de la ejecución**

Rigen las mismas indicadas en el numeral 630.4.18 del Artículo 630, "Concreto estructural".

### **Manejo ambiental**

Todas las determinaciones referentes a los trabajos de cunetas revestidas en concreto se deberán tomar considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular. Entre otros, se deberán atender los siguientes procedimientos:

- Todo material sobrante o proveniente de excavaciones deberá ser retirado de las proximidades de las cunetas, transportado y depositado en vertederos autorizados, donde no contamine cursos ni láminas de agua.
- En los puntos de desagüe se deberán disponer las obras de protección requeridas, de manera de evitar procesos de erosión.

### **1.4.5. Condiciones para el recibo de los trabajos**

#### **Controles**

En adición a los descritos en el Artículo 630, la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ deberá exigir que la superficie de apoyo quede correctamente acondicionada, antes de colocar la formaleta y verter el concreto o colocar la cuneta prefabricada.

Para las cunetas prefabricadas se deberán comprobar, en el momento del recibo de las mismas, su geometría y sus dimensiones.

#### **Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

#### **Aspectos generales**

La ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ sólo aceptará cunetas cuya forma corresponda a la indicada en los planos y cuyas dimensiones no difieran de las señaladas en los planos o autorizadas por él por encima de las tolerancias indicadas en el presente Artículo.

Las juntas deberán encontrarse adecuadamente selladas con el producto aprobado, para que el interventor manifieste su conformidad con esta parte del trabajo.

La ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ se abstendrá de aceptar cunetas terminadas con depresiones excesivas, traslapos desiguales o variaciones apreciables en la sección, que impidan el normal escurrimiento de las aguas superficiales. Las deficiencias superficiales de las cunetas vaciadas en el lugar que, a su juicio sean pequeñas, serán corregidas por el Constructor, sin costo adicional para la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

Se cuidará la terminación de las superficies, no permitiéndose irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), medidas con respecto a una regla de tres metros perfectamente alineada y derecha.

### **Calidad del concreto**

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en el Artículo 630, "Concreto estructural".

En relación con la calidad de la mezcla, se aplicará lo descrito en el mismo Artículo, excepto lo pertinente a la ejecución de pruebas de carga a expensas del Constructor. En consecuencia, si en caso de discusión, la resistencia de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resulta satisfactoria, la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ rechazará las piezas o el tramo representado por dichos núcleos.

En el caso de las piezas prefabricadas, se impedirá su colocación y en el caso que la cuneta haya sido fundida en el lugar, el Constructor deberá demoler la obra ejecutada, remover los escombros, cargarlos, transportarlos y depositarlos en sitios aprobados y mediante procedimientos satisfactorios para la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ, y reconstruirá la cuneta en acuerdo al presente Artículo, operaciones que deberá realizar sin costo alguno para la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

### **Cunetas vaciadas in situ**

Para el concreto vaciado in situ, aplicarán las disposiciones del Artículo 630, según se ha descrito en el presente Artículo.

La tolerancia para el espesor es de un centímetro (1 cm) por defecto.

### **Cunetas con piezas prefabricadas**

Para las piezas prefabricadas, aplicarán las disposiciones de la norma NTC 4109. No se aceptarán piezas para la instalación que se encuentren con astilladuras, fisuras, grietas, defectos, imperfectos o roturas, o con dimensiones que no satisfagan las tolerancias indicadas en la Tabla 671 - 1.

#### **1.4.6. Medida**

##### **Cunetas vaciadas in situ**

La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos o determinados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El volumen se determinará multiplicando el área por el espesor de construcción señalados en los planos u ordenados por el Interventor, en los tramos donde el trabajo haya sido aceptado por éste. Dentro de la medida se deberán incluir, también, los descoles y bajantes de agua revestidos en concreto, correctamente construidos.

Se medirá por aparte el acero de refuerzo efectivamente colocado, en kilogramos (kg) con aproximación al entero, según los detalles de los planos. No se medirá para efectos de pago el acero constructivo (soportes, separadores, silletas de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio).

#### **Cunetas de piezas prefabricadas**

En el caso de cunetas de piezas prefabricadas, la unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al entero, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos o determinados por el Interventor. El resultado de la medida se deberá reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

La ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ. no autorizará el pago de trabajos efectuados por fuera de los límites especificados, ni el de cunetas cuyas dimensiones o resistencia sean inferiores a las de diseño.

#### **1.4.7. Forma de pago**

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por la ASOCIACIÓN DEL AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de explotación, suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales apropiados de relleno necesarios para el acondicionamiento previo de la superficie; la elaboración, el suministro, la colocación y el retiro de formaletas cuando corresponda; la explotación de agregados, incluidos todos los permisos y derechos para ello; el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, su diseño, elaboración, descargue, transporte, entrega, colocación, vibrado y curado; la manufactura, el transporte, la entrega en obra y la correcta instalación de las piezas prefabricadas de concreto; la ejecución de las juntas, incluyendo el suministro y la colocación del material sellante; el suministro de materiales, la elaboración y la colocación del mortero requerido para las pequeñas correcciones superficiales y para la unión de las piezas prefabricadas; la señalización preventiva de la vía durante la ejecución de los trabajos; la limpieza final del sitios de las obras; todo equipo y mano de obra requeridos para la elaboración y terminación de las cunetas y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del Constructor.

Solamente habrá pago separado, si se requiere, por concepto del suministro y colocación del acero de refuerzo en las cunetas vaciadas in situ, actividad que se pagará bajo el Artículo 640, "Acero de refuerzo".

En relación con la conformación de la superficie de apoyo, se considera cubierta por el Artículo 210, "Excavación de la explanación, canales y préstamos", de estas especificaciones, y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por dicho concepto, salvo que una o ambas actividades no estén comprendidas en el mismo contrato, caso en el cual su costo se deberá incluir dentro del precio unitario de la cuneta revestida en concreto. En el caso de los descoles, la preparación de la superficie quedará cubierta por el Artículo 600, "Excavaciones Varias".

El pago de la Junta PVC se hará al respectivo precio unitario más AIU establecido en el contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos por concepto de suministro, transporte, almacenamiento, colocación y desperdicios de la Junta PVC correctamente instalada en los sitios aprobados; limpieza de la zona de los trabajos y disposición de los materiales sobrantes, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

#### **1.4.7.1. Canales provisionales con geotextil**

### **671-P.1 CONFORMACIÓN DE CANALES PROVISIONALES CON GEOTEXTIL T2400 IMPRIMADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA - DESARROLLO ANCHO GEOTEXTIL 1.90 m.**

#### **Generalidades**

Este trabajo consiste en la construcción de canales provisionales, incluyendo la excavación, suministro e instalación de Geotextil Tejido 2400, imprimado con emulsión asfáltica, con las secciones, cotas, alineamientos y lugares indicados por el Interventor.

Los geotextiles deberán colocarse manualmente y cuando se requieran traslapos, estos deberán ser cosidos, y se deberá disponer de todos los elementos requeridos para efectuar las costuras. La longitud mínima de los traslapos será de 100 mm.

En caso de que el geotextil se dañe durante cualquier etapa de su instalación, la sección dañada deberá ser reparada por el Constructor, a su costa. La reparación se podrá efectuar cortando un trozo de geotextil suficientemente grande para cubrir el área dañada, incluyendo los traslapos mínimos exigidos.

En este caso, que el propósito del geotextil es proveer una lámina flexible, impermeable y resistente a la tensión, se colocará una vez preparada la superficie del canal excavado y se aplicará sobre éste una emulsión asfáltica catiónica de rompimiento rápido de los tipos CRR-1 ó CRR-2, con el propósito de mejorar su impermeabilidad y evitar la infiltración de las aguas hacia el terreno, todo lo cual deberá ser aprobado por la Interventoría.

Se deberán proveer los suficientes elementos de fijación del geotextil, mínimo 4 por metro, que garanticen la adecuada protección de la superficie del canal conformado en tierra. De igual manera los bordes laterales del geotextil deberán ser repisados con material de la excavación para evitar la infiltración del agua de escorrentía superficial por debajo de su superficie.

El Interventor sólo autorizará el uso del geotextil, si el Constructor demuestra que su calidad se ajusta a las exigencias de las especificaciones según el uso previsto.

#### **MEDIDA Y FORMA DE PAGO**

La unidad de medida será el metro lineal (ML) para un ancho de desarrollo de geotextil de 1.90 metros, aproximado al décimo de metro, de canal construido de acuerdo con las secciones, cotas, alineamientos y lugares indicados por el Interventor y a plena satisfacción de éste.

No se incluirán en la medida áreas de geotextil ni volúmenes de ligante que se hayan aplicado por fuera de los límites autorizados por el Interventor.

El pago se hará al respectivo precio unitario más AIU establecido en el contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con las indicaciones e instrucciones dadas por el Interventor y que sean

aceptadas a satisfacción de éste. El precio unitario del canal deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro del geotextil, la emulsión asfáltica, elementos de fijación, elementos para las costuras, así como la obtención de permisos y derechos para su explotación, su almacenamiento, clasificación, cargues, transportes, descargues, desperdicios e instalación, y conformación de las zanjas tal como lo determine el Interventor, limpieza de la zona de los trabajos y disposición de los materiales sobrantes, y en general, deberá incluir todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

#### **ÍTEM DE PAGO**

671-P.1 Conformación de canal Provisional con Geotextil T2400 imprimado con emulsión asfáltica. Desarrollo ancho geotextil 1.90 m Metro lineal (ML)

#### **1.4.7.2. Junta PVC e=0.15m**

#### **671-P.2 SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE JUNTA PVC E= 15 cm.**

#### **Generalidades**

Este trabajo consiste en el suministro, transporte e instalación de cinta PVC de 15 cm de ancho, para la construcción de los sellos en las juntas de construcción o contracción de las estructuras de concreto, destinadas a sistemas de drenaje, conforme a los alineamientos, cotas, secciones y calidades indicados en los planos y/o especificaciones del proyecto y/o determinados por el Interventor.

La junta PVC es una banda termo elástica estriada con bulbo central elíptico para el sellado de juntas de construcción y de contracción en estructuras de concreto, que cumple las especificaciones ASTM D 2240. Se diferencia de los selladores fundibles, al instalarse en la posición diseñada cuando se está fundiendo el concreto, asumiendo su función de sellante tan pronto como el concreto endurece.

#### **Instalación de juntas verticales**

El encofrado se debe hacer en dos mitades; por la hendidura hay que pasar la mitad de la banda o doblarla longitudinalmente. Al retirar el encofrado aquella parte de la banda que no está embebida en el concreto se despliega a su posición final para ser fundida en el elemento contiguo.

#### **Instalación en juntas horizontales**

Se debe dejar sobresalir la mitad de la cinta. En una junta de expansión debe acomodarse el bulbo central en el espacio entre la primera y la segunda vertida de concreto. Esto permite máxima elongación y mínima tensión en las porciones de bandas embebidas en el concreto. Las juntas deben sujetarse cada 30 cm.

Amarrar la banda entre la primera y la segunda estría de cada lado. Vibrar el concreto alrededor de la banda para evitar porosidades y vacíos en el concreto, para asegurar un buen contacto entre la banda y el concreto. Es preferible colocar primero un mortero alrededor de la banda antes de realizar la segunda colocación del concreto.

## **Precauciones**

Se debe tener cuidado en la segunda colocación del concreto, para que el impacto de este no deforme la banda. No se debe amarrar entre la segunda y tercera estría. No se debe perforar el bulbo central.

Se debe asegurar bien la junta para evitar que pierda su alineación durante las operaciones de vertido del concreto.

La cinta de PVC no debe ser traslapada ni perforada.

## **MEDIDA Y FORMA DE PAGO**

La unidad de medida de las junta PVC será el metro lineal (ML), aproximado a la décima de metro lineal, de junta de PVC instalada de acuerdo con los planos y dimensiones en ellos establecidas y demás documentos del proyecto, a plena satisfacción del Interventor.

El pago de la Junta PVC se hará al respectivo precio unitario más AIU establecido en el contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos por concepto de suministro, transporte, almacenamiento, colocación y desperdicios de la Junta PVC correctamente instalada en los sitios definidos en los planos, especificaciones y/o indicados por la Interventoría; limpieza de la zona de los trabajos y disposición de los materiales sobrantes, y en general, deberá incluir todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

## **ÍTEM DE PAGO**

671.2 Suministro, transporte e instalación de cuneta en piedra pegada con concreto clase D ( $f'c = 21$  MPa) (m<sup>3</sup>)

671-P.1 Conformación de canales provisionales con geotextil T2400 imprimado con emulsión asfáltica - desarrollo ancho geotextil 1.90 m. (ML)

671-P.2 Suministro, transporte e instalación de cinta pvc de 15 cm. (ML)

## **1.5. Art. 673. Subdrenes con geotextil y material granular**

Se ajusta la tabla de inicio del capítulo 1.6 **Art. 673. Subdrenes con geotextil y material granular**

ART. 673	SUBDRENES CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR	UD
673.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MATERIAL GRANULAR FILTRANTE. INCLUYE TRANSPORTE DE MATERIALES HASTA LA OBRA.	M3
673.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT-3000.	M2

Se ajusta los ítems de pago.

### ÍTEM DE PAGO

673.1 SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE MATERIAL GRANULAR FILTRANTE. INCLUYE TRANSPORTE DE MATERIALES HASTA LA OBRA. (M3)

673.2 SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT-3000. (M2)

## 1.6. Art. 676-P. Tubería de PVC

676-P.	TUBERÍA DE PVC	UD
676-P.4.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC PARA FILTRO DE 10" RDE 11 TIPO 1 GRADO 1	ML
676-P.4.2	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE PVC PARA FILTRO DE 12" RDE 11 TIPO 1 GRADO 1	ML

### 1.6.1. Descripción

Comprende este ítem la mano de obra, herramientas, materiales, accesorios, etc., necesarios para la instalación de la tubería de drenaje para filtro

### 1.6.2. Procedimiento de ejecución

Se deberá utilizar tubería de drenaje sin filtro construida en resina PVC sanitaria flexible, resistente a la corrosión.

Para los lechos de secado se utilizará para conducir las aguas lixiviadas desde los lechos hasta la tubería sanitaria que la conducirá hasta las cámaras de inspección, se utilizarán diámetros de 2 y 4 pulgadas a las cuales se le realizarán por medio de una broca perforaciones cada 10 cm.; se deberá instalar en medio de la capa de grava limpia de 20 cm del lecho y de acuerdo con la ubicación y longitudes indicadas en los planos.

### 1.6.3. Materiales y equipos

Herramientas, tubería de drenaje, broca, soldadura PVC.

#### 1.6.4. Observaciones

Se deberán realizar las perforaciones de acuerdo con la ubicación y distancias según se muestra en los planos.

#### 1.6.5. Medida y forma de pago

La unidad de medida y pago será el metro lineal (ML) de tubería efectivamente instalada y se pagará al precio unitario consignado en el contrato, y su valor incluirá el precio del equipo, herramientas, mano de obra y todos los elementos necesarios de acuerdo al método de aplicación especificado a usar, para la correcta ejecución de la obra.

#### 1.6.6. No conformidad

En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución o a su terminación, las obras se considerarán como mal ejecutadas. En este evento, el Constructor deberá realizar las acciones necesarias para la corrección de los inconvenientes presentados y sin que implique modificaciones y/o adiciones en el plazo y en el valor del contrato.

### ÍTEM DE PAGO

676-P.4.1 Suministro, transporte e instalación de tubería de PVC para filtro de 10" RDE 11 tipo 1 grado 1 (ML)

676-P.4.2 Suministro, transporte e instalación de tubería de PVC para filtro de 12" RDE 11 tipo 1 grado 1 (ML)

### 1.7. Art. 677-P. Geomembrana HDPE

ART. 677-P	GEOMEMBRANA HDPE	UD
677-P.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA HDPE	M2

#### 1.7.1. Descripción

Comprende este ítem la mano de obra, herramientas, materiales, accesorios, etc., necesarios para la construcción de las estructuras de impermeabilización que se deberá instalar como parte de los lechos de secado de la PTAR. Procedimiento de ejecución

#### 1.7.2. Procedimiento de ejecución

Se especifica el suministro e instalación de una geomembrana de 20 mils (0.5 mm) de espesor que será utilizada como barrera para impedir la percolación de las aguas resultantes del proceso de filtración en los lechos de secado.

La geomembrana se instalará encima del solado de limpieza, de acuerdo a como se muestra en los planos.

### 1.7.3. Materiales y equipos

Herramientas, geomembrana.

### 1.7.4. Observaciones

Se debe aplicar en los muros interiores y fondo de los tanques que almacenaran aguas residuales.

### 1.7.5. Medida y forma de pago

La unidad de medida y pago será el metro cubico (M2) de grava efectivamente instalada y se pagará al precio unitario consignado en el contrato, y su valor incluirá el precio del equipo, herramientas, mano de obra y todos los elementos necesarios de acuerdo al método de aplicación especificado a usar, para la correcta ejecución de la obra.

### 1.7.6. No conformidad

En caso de no conformidad con estas especificaciones, durante su ejecución o a su terminación, las obras se considerarán como mal ejecutadas. En este evento, el Constructor deberá realizar las acciones necesarias para la corrección de los inconvenientes presentados y sin que implique modificaciones y/o adiciones en el plazo y en el valor del contrato.

## ÍTEM DE PAGO

677-P.1 suministro, transporte e instalación de geomembrana HDPE (m2)

## 1.8. Art. 920-P. Conformación y compactación en zonas de depósito

ART. 920-P	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN EN ZONAS DE DEPÓSITO	UD
920-P.1	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN EN ZONAS DE DEPÓSITOS (INCLUYE COMPENSACIÓN A TERCEROS POR CULTIVOS Y/O UTILIZACIÓN DEL SITIO DE DEPÓSITO, Y ADECUACIÓN DE ACCESOS, MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE VÍAS)	M3
920-P.2	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN EN ZONAS DE DEPÓSITO (INCLUYE ADECUACIÓN DE ACCESOS, MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE VÍAS)	M3

### 1.8.1. Descripción

Este trabajo consiste en la nivelación y compactación del terreno que ha de servir de depósito de materiales de cortes, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, eventual descapote y retiro de materiales inadecuados; drenaje y subdrenaje; y la colocación, conformación y compactación de los materiales provenientes de cortes, según los planos del diseño del depósito y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

También incluye la adecuación de accesos al sitio de depósito y el mejoramiento, mantenimiento y/o rehabilitación de vías desde el sitio de corte hasta el sitio de depósito.

Para la especificación 920-P.1 se debe tener en cuenta que incluye la compensación a terceros por cultivos y/o utilización del sitio de depósito.

#### **1.8.2. Ejecución del trabajo**

Los trabajos de conformación de los depósitos se deberán efectuar de acuerdo con el programa de trabajo, al ritmo de ejecución de los cortes de donde proviene el material a depositar y de acuerdo con las órdenes de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

#### **1.8.3. Preparación del terreno**

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ determinará si el terreno base para el depósito, debe ser descapotado y limpiado. Si hay materiales clasificados como inadecuados, estos deberán ser retirados del sitio. Si se debe descapotar, este material vegetal deberá depositarse provisionalmente en sitios apropiados, para ser colocados sobre la superficie del depósito conformado, para obtener una capa con características de fertilidad para la siembra de grama, lográndose así una superficie estable y de posible uso agrícola.

En algunos casos podría ser necesaria la construcción de subdrenajes, y su construcción estará regida por la especificación correspondiente de “Subdrenes con geotextil y material granular”.

#### **1.8.4. Construcción del cuerpo del depósito**

##### **Cuerpo del depósito**

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ sólo autorizará la colocación de materiales cuando el terreno base esté preparado, según se indica en el numeral anterior.

El material del depósito se colocará en capas aproximadamente paralelas y de espesor uniforme, para que, con los equipos disponibles, se obtenga la compactación exigida. El espesor no deberá ser mayor a treinta centímetros (30 cm), antes de la compactación, salvo que la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ autorice un espesor diferente. No se extenderá otra capa, hasta que no se haya comprobado que la subyacente cumpla con la compactación exigida.

Será responsabilidad del CONSTRUCTOR asegurar un contenido de humedad que garantice la compactación exigida en el depósito.

La densidad exigida será como mínimo el 80% de la correspondiente Próctor Modificado, pero esta exigencia podrá reemplazarse por la que sea conseguida con tres pasadas de un buldócer tipo D-6, sobre una capa de 30 cm, pero la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ podrá variar esta exigencia a su juicio, dependiendo de los materiales a depositar y condiciones de humedad al momento de colocar los materiales.

El trabajo de compactación se debe realizar comenzando desde los bordes del depósito, avanzando hacia el centro con pasadas paralelas traslapadas por lo menos la mitad del ancho del equipo compactador.

#### **1.8.5. Acabado de la corona del depósito**

Salvo que los planes del proyecto o las especificaciones establezcan algo diferente, la corona del depósito deberá tener un espesor compacto de 30 centímetros (30 cm), construidos con materiales seleccionados o adecuados, que para este caso del proyecto del Aeropuerto del Café; estos suelos para conformación de las capas finales serán cenizas volcánicas que se han separado de los otros suelos y sobre éstas, la tierra vegetal extraída del piso del depósito y la cual se ha reservado en área aledaña a la construcción. Siguiendo este proceso, el depósito tendrá una apariencia agradable, con grama natural, y aún podrá tener utilización agrícola.

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén deberá estar bien compactada y nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de las aguas lluvias sin peligro de erosión.

#### **1.8.6. Estabilidad**

El CONSTRUCTOR responderá, hasta la aceptación final, por la estabilidad de los depósitos construidos a su cargo, y asumirá todos los gastos que resulten de sustituir cualquier porción del depósito, que a juicio de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, presente defectos constructivos o deterioros atribuibles a descuido o negligencia del CONSTRUCTOR.

#### **1.8.7. Manejo ambiental**

Todas las determinaciones referentes a la construcción de depósitos deberán considerarse para la protección del medio ambiente vigente en la actualidad. En particular, se deberá prestar atención al correcto funcionamiento del sistema de drenaje y la protección vegetal de la superficie del depósito para evitar la erosión y el arrastre de partículas sólidas.

#### **1.8.8. Condiciones para el recibo de los trabajos**

### **Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos ofrecidos por el CONSTRUCTOR.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo propuestos y aceptados.
- Vigilar el cumplimiento del programa de trabajo.
- Verificar la compactación de todas las capas del depósito.
- Realizar mediciones para determinar espesores, levantar perfil y comprobar las cotas de la superficie.

### **Calidad del producto terminado**

Cada capa terminada de depósito deberá presentar una superficie uniforme, con las pendientes especificadas, sin irregularidades visibles.

No se tolerará en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

Se verificará la compactación de las diferentes capas del depósito. Se define como "lote", el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho del depósito.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) en el caso de capas de corona o cinco mil metros cuadrados (5000 m<sup>2</sup>) en el resto de las capas.
- El volumen construido con el mismo material, del mismo corte y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca en el terreno de cada capa se realizarán al azar, según la norma de ensayo INV E-730. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

En el control de la compactación de una capa de depósito, se deberá seguir la metodología estadística descrita en el numeral 220.5.2. a. Calidad del producto terminado, compactación, del Artículo 220, Terraplenes.

El contratista incluirá en este ítem todas las actividades correspondientes a la adecuación de los accesos al sitio de depósito, mejoramiento, mantenimiento y/o rehabilitación de vías desde el sitio

de corte hasta el sitio de depósito, garantizando que las vías permanecerán en buenas condiciones de transitabilidad tanto para los vehículos utilizados en obra como para los demás vehículos que deban transitar por ellas.

#### **1.8.9. Medida**

La unidad de medida para los volúmenes de depósito será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al metro cúbico completo, de material compactado, aceptado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, en su posición final.

Todos los depósitos serán medidos por los volúmenes determinados con base en las áreas de las secciones transversales, antes y después de ser ejecutados los trabajos de depósitos

#### **1.8.10. Forma de pago**

El trabajo de depósito se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir los costos de escarificación, nivelación, conformación, compactación y demás trabajos preparatorios de las áreas donde se haya de construir un depósito nuevo; deberá cubrir, además, la colocación, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación de los materiales utilizados en la construcción de depósitos; y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los depósitos de acuerdo con esta especificación, los planos y las instrucciones de la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario también debe cubrir los costos correspondientes a la adecuación de los accesos al sitio de depósito, mejoramiento, mantenimiento y/o rehabilitación de vías desde el sitio de corte hasta el sitio de depósito, garantizando que las vías permanecerán en buenas condiciones de transitabilidad tanto para los vehículos utilizados en obra como para los demás vehículos que deban transitar por ellas.

Para el ítem 920. P1 se incluye la compensación a terceros por cultivos y/o por utilización de sitios de depósito, para lo cual la Asociación Aeropuerto del café ya tiene previamente los acuerdos económicos suscritos con los propietarios de dichos sitios, que serán de obligatorio cumplimiento por parte del contratista de la obra y que están incluidos en el APU correspondiente.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del CONSTRUCTOR.

Habrá pago separado para los diversos ítems en los Artículos 200, “Desmonte y limpieza”; 201, “Demolición y remoción”; 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos”, 671 “Cunetas revestidas en concreto” y 673 “Subdrenes con geotextil y material granular”.

El transporte de los materiales de corte que conformarán los depósitos, se pagará de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 900, “Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes”.

#### **ÍTEM DE PAGO**

920-P.1 Conformación y compactación en zonas de depósitos (incluye compensación a terceros por cultivos y/o utilización del sitio de depósito, y adecuación de accesos, mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de vías) (M3)

920-P.2 Conformación y compactación en zonas de depósito (incluye adecuación de accesos, mejoramiento, mantenimiento y rehabilitación de vías) (M3)

## 1.9. Art. 950-P. Capa drenante en arena

950-P	CAPA DRENANTE EN ARENA	UD
950-P.1	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE CAPA DE ARENA	M2

### 1.9.1. Construcción del cuerpo del depósito

La ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ sólo autorizará la colocación de materiales cuando el terreno base esté preparado, según se indica en el numeral anterior.

#### 1.9.1.1. Capas drenantes intermedias

Éstas se colocarán cada metro de acuerdo con los esquemas presentados en los planos, o lo recomendado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ. Éstas tendrán espesores de 0.10 m y estarán constituidas por arena de río sin clasificar.

#### 1.9.1.2. Manto de drenaje en contacto con la cimentación

Este manto cubrirá toda el área en planta de los depósitos. Tendrán un espesor de 0.60 m; el material será proveniente de los aluviones del río Chinchiná y tendrá la siguiente granulometría.

TAMIZ	% PASA
2"	100
¾"	75 – 100
3/8"	55 – 85
# 4	40 – 65
#10	25 – 45
#40	0 – 25
#60	0 – 15
#200	0

**Tabla 1.16.4.1**

Granulometría para manto de drenaje

### 1.9.2. Medida

La unidad de medida para las capas drenantes de arena será el metro cuadrado (M2), aproximado al metro cúbico completo, de material compactado, aceptado por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ, en su posición final.

Todos los depósitos serán medidos por los volúmenes determinados con base en las áreas de las secciones transversales, antes y después de ser ejecutados los trabajos de depósitos

### 1.9.3. Forma de pago

El trabajo de depósito se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por la ASOCIACIÓN AEROPUERTO DEL CAFÉ.

El precio unitario deberá cubrir, también, los costos de administración, imprevistos y la utilidad del CONSTRUCTOR.

Habrá pago separado para los diversos ítems en los Artículos 200, “Desmonte y limpieza”; 201, “Demolición y remoción”; 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos”, 671 “Cunetas revestidas en concreto” y 673 “Subdrenes con geotextil y material granular”.

**ÍTEM DE PAGO**

950-P.1 Suministro, transporte e instalación de capa de arena (M2)