

352 - 22 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES

352.1 Descripción

Este trabajo consiste en los lineamientos, metodologías y protocolos de utilización de productos químicos no tradicionales, para la estabilización de suelos de subrasante o materiales existentes en las vías del proyecto, utilizados como fundación o capas estructurales de una estructura de pavimento, de acuerdo con las dimensiones, lineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

Los documentos del proyecto deben indicar si se requiere la instalación de una capa de protección, sus características de acuerdo con los lineamientos del proyecto y la finalidad para la cual se implemente (capilaridad, protección al tráfico, etc); aquellas capas estabilizadas que pretendan ser usadas directamente bajo la acción del tránsito deberán demostrar su resistencia frente a la degradación causada por factores climáticos y del tránsito.

352.2 Materiales

352.2.1 Suelos a estabilizar

El material por estabilizar con productos químicos no tradicionales puede provenir de la escarificación de la capa superficial existente, o ser un suelo natural proveniente de excavaciones o zonas de préstamo, o combinación de material existente con material de préstamo.

Durante el estudio de suelos se debe evaluar la presencia en los suelos de materia orgánica, sulfatos, sales o cualquier otro compuesto que pueda afectar las reacciones químicas del estabilizante con el suelo. El resultado del análisis de la composición química del suelo y la presencia de compuestos que puedan afectar la estabilización, se debe tener en cuenta en la selección del tipo de estabilizante.

Los documentos del proyecto deben incluir el análisis de la selección del tipo de estabilizante, en el cual se descarte la presencia en el suelo de compuestos que puedan afectar las reacciones químicas o mecanismos de estabilización del estabilizante propuesto.

Se debe revisar que el suelo no contenga compuestos que afectan las reacciones químicas e interacción con el estabilizante seleccionado, en caso de que el estabilizante propuesto no cumpla con esta condición el proponente deberá estudiar, por su cuenta y costo, otro tipo de estabilizante.

352.2.2 Productos químicos no tradicionales

Se definen 5 tipos de materiales estabilizantes como se indica en la Tabla 352-1, en función de las familias de estabilizantes químicos y el efecto que se desea lograr en el suelo.

Tabla 352-1 Familia de materiales alternativos

Tipo de material	Familia de estabilizantes químicos	Descripción
Tipo 1	Emulsiones enzimáticas	Compuestos diversos de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas con el fin de

Tipo de material	Familia de estabilizantes químicos	Descripción
		reducir la plasticidad y permeabilidad del suelo.
Tipo 2	Materiales cementicios puzolánicos	Familia de materiales diseñados para aumentar considerablemente la resistencia mecánica y disminuir la plasticidad del suelo a través de reacciones cementantes.
Tipo 3	Polímeros de silicatos - Organosilanos	Sustancias derivadas de compuestos orgánicos con cadenas moleculares extensas, empleadas en la estabilización de suelos con el fin de reducir la permeabilidad y aglomerar las partículas; en algunos casos alteran el comportamiento hidrofílico del suelo mediante mecanismos electroquímicos y de encapsulamiento en la fracción fina.
Tipo 4	Sales inorgánicas	Compuestos químicos de naturaleza iónica empleados para el control de emisiones de polvo en carreteras.
Tipo 5	Aceites sulfonados – Sales Orgánicas	Agentes químicos de naturaleza surfactante, derivados de compuestos orgánicos, empleados en la estabilización de suelos para disminuir la plasticidad y la expansividad de los suelos modificando los fenómenos electroquímicos de la fracción fina.

34 352.2.3 Clases de suelo – Aditivo

35 Se define una clase de suelo-aditivo químico en la Tabla 352 – 2, en función de los criterios para el diseño de
36 la mezcla estabilizada.

37 **Tabla 352-2 Clases de suelo estabilizado con productos químicos no tradicionales**

Clase de suelo aditivo	Criterio
Criterios de diseño de la mezcla	Resistencia

38 Si la capa de suelo de subrasante o material existente a estabilizar pretende ser usada con fines estructurales,
39 esta debe ser resistente a los efectos del agua y presentar una durabilidad comprobada a los efectos climáticos
40 y del tránsito a lo largo del periodo de diseño de la estructura. Los documentos del proyecto deben indicar la
41 resistencia mínima a compresión inconfiada después de inmersión o saturación por capilaridad.

42 Se elaborarán probetas del proyecto de mezcla conforme a los tiempos de revisión de 7, 14 y 28 días. Después
43 de terminar el proceso de curado definido por el diseñador de acuerdo con las recomendaciones del fabricante
44 del producto estabilizante no tradicional, las probetas se deben someter a inmersión por una hora (1) hora e
45 inmediatamente después se debe realizar el ensayo de resistencia a compresión inconfina.

46 La relación entre la resistencia a la compresión inconfina después de saturación sobre la resistencia a la
47 compresión inconfina en seco se debe reportar en los documentos del proyecto como porcentaje de
48 resistencia residual después de inmersión.

49 Para probetas sometidas a ensayo de saturación por capilaridad, la probeta se debe colocar sobre una piedra
50 porosa con una lámina de agua hasta un milímetro sobre su superficie durante un periodo de 24 horas, luego
51 de las cuales se deben someter inmediatamente al ensayo de resistencia a la compresión inconfina. La
52 relación entre la resistencia a la compresión inconfina después de saturación por capilaridad sobre la
53 resistencia a la compresión inconfina en seco se debe reportar en los documentos del proyecto como
54 porcentaje de resistencia residual en tiempos de verificación de 7, 14 y 28 días después de saturación por
55 capilaridad.

56 El interventor debe evaluar la efectividad del estabilizante no tradicional propuesto analizando la relación de la
57 resistencia a compresión inconfina del suelo natural sin estabilizar sobre la resistencia a la compresión
58 inconfina del suelo estabilizado después de saturación por inmersión o capilaridad. El interventor debe
59 evaluar los resultados de porcentajes de resistencia residual después de inmersión o capilaridad y la relación
60 de la resistencia del suelo estabilizado después de saturación sobre el suelo natural sin estabilizar, para avalar
61 el uso del estabilizante y la fórmula de trabajo propuesta.

62 Todas las resistencias a evaluar para el presente análisis deben ser determinadas como el promedio de por lo
63 menos cinco (5) probetas. Esta evaluación se debe hacer para cada una de las secciones homogéneas
64 definidas en los estudios geotécnicos con base en la caracterización y composición química del suelo.

65 El efecto del agua sobre el material estabilizado debe ser determinado mediante la evaluación de muestras
66 compactadas según la norma de ensayo INV-E 624-22.

67

68 **352.2.4 Caracterización del suelo de subrasante**

69 Es necesario establecer la calidad de los materiales que van a servir como fundación del suelo a estabilizar.
70 Específicamente, se debe verificar la capacidad de soporte del material o capa que va a funcionar como
71 subrasante, para usarlo como indicador de la calidad de la misma, en términos de su resistencia.

72 La cantidad de sondeos y apiques, así como su profundidad, deben ser definidos de acuerdo con los
73 requerimientos del Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito
74 vigente o de acuerdo con los requerimientos de los documentos técnicos para otros tipos de vías.

75 Para la caracterización de los suelos de fundación y materiales sobre los cuales se llevará a cabo el proceso
76 de estabilización, se deben realizar los ensayos descritos en los documentos específicos del proyecto y como
77 mínimo se deben realizar los ensayos presentados a continuación:

Tabla 352-3 Ensayos de caracterización suelos

TÍTULO DE LA NORMA	NORMA ENSAYO
Sistema unificado de clasificación de suelos para propósitos de ingeniería	INV E - 181
Determinación del límite líquido de los suelos	INV E - 125
Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	INV E - 126
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos	INV E - 123
Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino	INV E - 213
Determinación de la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm (no. 200) en los agregados pétreos mediante lavado	INV E - 214
Ensayos físico químicos	
pH de los suelos	INV E-131
Contenido de sulfatos solubles en los suelo	NLT-120/72
Determinación de la capacidad de intercambio catiónico.	NTC 5268
Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico	UNE 103204:2019
Ensayos mecánicos	
Relación de humedad-peso unitario seco en los suelos(ensayo modificado de compactación)	INV E-142
Relaciones humedad-densidad de mezclas de suelo con estabilizantes químicos no convencionales	INV 623-22
Módulo resiliente (opcional)	INV E-156
Resistencia al Agua	Sin norma
Velocidad de ascenso capilar	Sin norma
Permeabilidad de suelos ensayos de cabeza variable	ASTM D5084-16a
Composicionales	
Fluorescencia de rayos X XRF	Sin norma
Difracción de rayos X DRX	Sin norma
Microscopía electrónica de barrido SEM	Sin norma
Análisis térmicos TGA/DTA	ASTM E-1131

TÍTULO DE LA NORMA	NORMA ENSAYO
Área Superficial por el método BET	Sin norma

79 **352.2.5 Agua**

80 El agua que se requiera para la estabilización debe ser limpia y libre de compuestos que pudiesen resultar
 81 perjudiciales en la interacción suelo-aditivo. Puede ser agua potable; si no lo es, deberá cumplir con los
 82 requisitos que se indican en la tabla 352-3

83 **Tabla 352-3 Requisitos del agua a utilizar en la estabilización con productos químicos no tradicionales**

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH	D 1293	5,5 – 8,0
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ = g/l máximo	D 516	1,0

84 **352.2.6 Suelos para estabilizar**

85 Se deben realizar, con base en un muestreo representativo, las investigaciones requeridas que permitan
 86 establecer las características químicas y geotécnicas del suelo a estabilizar (apiques cada 50 m, a una
 87 profundidad de 50 cm), permitiendo identificar el material o tecnología química alternativa de mayor potencial
 88 para mejorar el desempeño mecánico del suelo y la durabilidad.

89 Las muestras de suelo usadas en los ensayos de caracterización y composición química para realizar el diseño
 90 de mezcla y determinar la fórmula de trabajo deben ser tomadas de la capa a estabilizar.

91 En caso de que a lo largo de la vía del proyecto se identifiquen suelos de diferentes características, la vía del
 92 proyecto se debe dividir en secciones homogéneas por tipo de suelo, para cada sección homogénea se debe
 93 seleccionar un producto estabilizante adecuado y determinar la respectiva fórmula de trabajo. Cada sección
 94 homogénea deberá cumplir con lo indicado en el presente artículo.

95

96 **352.3 Equipo**

97 El equipo debe estar constituido por equipos para la escarificación y la disgregación del material, la elaboración
 98 de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios
 99 y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y/o aditivo y el material de curado de la capa compactada, equipo
 100 para la formación de las juntas, equipos de transporte y herramientas menores.

101 **352.3.1 Equipo para la elaboración de la mezcla de suelo aditivo**

102 Los documentos del proyecto deben definir el tipo de equipo para elaborar la mezcla de suelo y estabilizante
 103 químico, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla o máquina estabilizadora con cámara de tambor
 104 rotatorio .El método de construcción debe garantizar la mezcla homogénea del suelo con el estabilizante.y
 105 debe ser avalado por el interventor. Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe
 106 definir el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo.

107 De utilizar máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio, deberá comprobarse que en la profundidad
108 de estabilización, el suelo corresponda al suelo del tramo homogéneo; esta comprobación se realizará mediante
109 la realización de excavaciones de 30 cm x 30 cm x espesor de la capa.

110

111 Sólo se debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos técnicos del proyecto lo
112 señalen taxativamente. Sin embargo, se debe garantizar la total disgregación del suelo sin presencia de grumos
113 o terrones previo a la realización de la mezcla con el estabilizante. Si durante la ejecución de los trabajos con
114 este equipo se observan grumos y no se logra la disgregación total del material, afectando así a la mezcla
115 homogénea del suelo con el aditivo estabilizante, la interventoría debe exigir el reemplazo del equipo por una
116 máquina estabilizadora de cámara de tambor.

117 En cualquier caso, el equipo para la mezcla que suministre el constructor debe ser capaz de lograr una completa
118 homogeneización de los componentes, dentro de las tolerancias establecidas en este Artículo.

119 **352.3.2 Equipos para explotación y manejo de materiales**

120 En caso de que la estabilización incluya materiales transportados, el equipo debe incluir, también, elementos
121 para su explotación, cargues, transportes y clasificación.

122 **352.3.3 Equipos para escarificación**

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

125 **352.4 Ejecución de los trabajos**

126 **352.4.1 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo**

127 **352.4.1.1 Diseño de la mezcla**

128 La mezcla de suelo aditivo se debe diseñar mediante los criterios de durabilidad y resistencia indicados en los
129 documentos específicos del proyecto. No se puede exigir contenido mínimo de aditivo y el porcentaje óptimo
130 será aquel que permita cumplir con los parámetros definidos en las condiciones establecidas para el proyecto.
131 Se le debe exigir al contratista dejar constancia del porcentaje de uso respecto a la masa seca del material por
132 estabilizar de cualesquiera de los productos a utilizar en el proceso de estabilización.

133 De manera detallada se deberá indicar la fórmula de trabajo a utilizar.

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

136 Las capas de suelo estabilizado que sean diseñadas y construidas con propósitos estructurales deben soportar
137 las cargas derivadas del paso de los vehículos, soportar la degradación generada por el agua, y poseer la
138 durabilidad a la intemperie suficiente durante todo el periodo de diseño, así como soportar los efectos climáticos.

139 Bajo ninguna condición se debe aceptar que una capa estabilizada con productos químicos no tradicionales
140 sea puesta directamente al tránsito de los vehículos, razón por la cual para este tipo de capas se debe constituir

141 en conjunto con capas estructurales o de revestimiento asfáltico superiores que eviten su contacto directo con
142 las cargas generadas por los vehículos y los efectos climáticos.

143 **Tabla 352-4 Criterios de diseño para la mezcla de suelo aditivo**

Ensayo	Norma de ensayo INV	Criterio
Resistencia		
Comportamiento de la resistencia con: - Incremento en la edad	E-624	Crece
Resistencia a la compresión a 7 días, MPa - Mínima	E-624	2,5 * RCN

144 Nota 1. La resistencia mínima debe ser la que se obtenga en la mezcla de diseño que cumpla con el criterio de
145 durabilidad.

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

148 Nota 3: Los presentes valores son aplicables para suelos cuya resistencia a la compresión en estado natural
149 sea superior 0,4 MPa, para suelos de resistencias inferiores, se debe efectuar un mejoramiento previo al
150 proceso de estabilización con productos químicos no tradicionales.

151 Nota 4: El proceso para el desarrollo de la resistencia de la capa estabilizada debe ser creciente en el tiempo y
152 ser alcanzada muy rápidamente.

153 RCN : resistencia a la compresión inconfiada en estado natural del suelo compactado según norma INV-E
154 624.

155 **352.4.1.2 Fórmula de trabajo**

156 El constructor debe presentar al interventor una "Fórmula de Trabajo", la cual se debe ajustar durante la
157 construcción de la capa, con las tolerancias que se indiquen en los documentos del proyecto.

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

- 159 - La clasificación del material por estabilizar según el sistema SUCS, norma INV E -180.
- 160 - El tipo y marca de aditivo sólido empleado en el diseño.
- 161 - El tipo y la marca de los aditivos líquidos empleados en el diseño.
- 162 - El contenido óptimo de los aditivos, expresado en porcentaje respecto a la masa seca del material por
163 estabilizar (COA %).
- 164 - Si los otros aditivos su presentación es en estado líquido se determinará su dosificación en función
165 de la cantidad de agua necesaria para alcanzar las condiciones óptimas de compactación.

- 166 – El valor de resistencia a la compresión de diseño a los 7 días (Rd).
- 167 – Los porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación.
- 168 – El porcentaje de resistencia residual después de inmersión: La relación entre la resistencia a la
169 compresión inconfínada después de saturación sobre la resistencia a la compresión inconfínada en
170 seco. Inmersión por 1 hr inmediatamente antes del ensayo de resistencia a compresión inconfínada.
171 Promedio de mínimo 5 especímenes.
- 172 – El porcentaje de resistencia residual después de saturación por capilaridad: Relación entre la
173 resistencia a la compresión inconfínada después de saturación por capilaridad sobre la resistencia a
174 la compresión inconfínada en seco. Capilaridad por 24 hr inmediatamente antes del ensayo de
175 resistencia a compresión inconfínada. Promedio de mínimo 5 especímenes.
- 176 La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas
177 durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada debe cumplir con los requisitos establecidos para el
178 diseño de la mezcla.
- 179 Si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o la
180 clasificación de los materiales de acuerdo a INV E-181, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de
181 trabajo para revisión y aprobación del interventor.

182 **352.4.2 Fase de experimentación**

183 Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de ensayo (tramos de prueba) de longitud,
184 ancho y espesor definidos de acuerdo con el interventor, donde se debe probar el equipo así como determinar
185 el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

186 Con base en los resultados que se obtengan a partir de muestras tomadas del suelo estabilizado con el producto
187 estabilizante, el Interventor debe definir su conformidad con relación a las condiciones especificadas sobre
188 disgregación, humedad, espesor de la capa, grado de compactación, resistencia al agua, resistencia a la
189 intemperie, proporción del producto estabilizante y demás requisitos exigidos.

190 En caso de que los ensayos indiquen que el suelo estabilizado con los insumos químicos no tradicionales no
191 se ajuste a dichas condiciones, éste debe ser removido y reemplazado por el constructor hasta conseguir
192 aprobación por parte del interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; antes de efectuar el
193 reemplazo, el constructor debe hacer las modificaciones necesarias a los equipos y procedimientos de
194 construcción y, si fuese preciso, debe modificar el diseño.

195 El proceso se debe repetir cuantas veces sea necesario hasta que las secciones de ensayo cumplan con los
196 requisitos establecidos en los documentos del proyecto.

197 **352.4.3 Preparación de la superficie existente**

198 Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de construir la capa de suelo con el producto
199 estabilizante se debe comprobar que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad y la planicidad
200 apropiadas, así como las cotas indicadas en los planos o definidas por el interventor. Todas las irregularidades
201 que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, se deben corregir de acuerdo con lo
202 indicado en ella, hasta conseguir la aprobación del Interventor.

203 En caso de que la construcción se vaya a realizar únicamente con el material existente en la calzada, éste se
204 debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar hasta una profundidad suficiente para que,
205 una vez compactada, la capa de suelo y el sistema estabilizante alcance el espesor señalado en los documentos
206 del proyecto.

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

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

212 En todos los casos debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la
213 calzada que requieran ser construidos, previamente a la construcción de la capa de suelo con el sistema de
214 estabilización.

215 **352.4.4 Transporte y almacenamiento de suelos**

216 Cuando la construcción del suelo estabilizado incluya suelos de aporte, éstos se deben transportar en vehículos
217 apropiados protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurándose a la carrocería de manera que
218 se impida que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

219 Cuando se requiera almacenar los suelos, se debe tener en cuenta lo indicado en el numeral 300.4.3 del artículo
220 300.

221 **352.4.5 Mezcla en la vía**

222 **352.4.5.1 Disgregación del material**

223 Antes de realizar el proceso de homogeneización con el producto estabilizante, si el material por tratar, sea que
224 haya sido escarificado en el lugar o transportado desde los sitios de origen aprobados por el interventor, o sea
225 una mezcla de ambos, presenta grumos o aglomeraciones de partículas, se disgrega con el equipo de
226 construcción aprobado a partir de los resultados de la fase de experimentación en el ancho y espesor suficientes
227 que permitan obtener la sección compactada indicada en los planos u ordenada por el interventor.

228 El proceso de disgregación se debe realizar hasta que se logren los requerimientos estipulados por el
229 interventor. La longitud de calzada disgregada no debe exceder de la que se pueda tratar y compactar de
230 acuerdo con esta especificación en dos (2) días de trabajo, salvo autorización escrita del interventor.

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

233 **352.4.5.2 Aplicación del aditivo estabilizante**

234 La aplicación del estabilizante depende de su estado, en caso de encontrarse en estado líquido se debe hacer
235 uso del carrotanque de tal manera que la aplicación sea uniforme sobre toda el área superficial del material, en
236 caso de que el estabilizante se encuentre en estado seco se podrá aplicar en bolsas o a granel. En cualquier
237 caso, el aditivo se debe esparcir sobre el agregado o suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado

238 por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según
239 el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar.

240 Durante la aplicación de los aditivos, la humedad del material no debe ser superior a la definida durante el
241 proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el aditivo (líquido
242 o sólido). Sobre el aditivo esparcido sólo se debe permitir el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el
243 material.

244 **352.4.5.3 Mezcla**

245 Inmediatamente después de ser esparcido el aditivo (seco, húmedo o conjunto), se debe efectuar la mezcla,
246 empleando el equipo aprobado. El número de pasadas depende del equipo utilizado y debe ser el necesario
247 para garantizar la obtención de una mezcla homogénea según se haya definido en la fase previa de
248 experimentación. En caso de que se requiera, se debe añadir el agua faltante y continuar mezclando hasta que
249 la masa resultante presente completa homogeneidad. La humedad de la mezcla debe ser la establecida en la
250 fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos de uno por ciento ($\pm 1\%$).

251 **352.4.6 Mezcla en planta**

252 La mezcla elaborada en la planta aprobada luego de la fase de experimentación, se debe transportar al sitio en
253 volquetas estancas y cubiertas, aptas para el transporte de concreto, cumpliendo con los requisitos y los
254 procedimientos establecidos en los numerales 500.3.2 y 500.4.6 del Artículo 500.

255 **352.4.7 Extensión y conformación**

256 La mezcla elaborada sobre la vía se debe extender en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme
257 que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos
258 en la fase de experimentación, y se debe conformar en toda la sección transversal de la calzada.

259 Para el caso de mezcla en planta, si los documentos del contrato así lo requieren, se debe usar una máquina
260 extendedora para estas labores; si no se requiere, la mezcla se puede extender y conformar con
261 motoniveladora.

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

267 El material extendido y conformado debe mostrar una distribución uniforme, sin segregaciones evidentes. El
268 interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de
269 la precedente.

270 **352.4.8 Prefisuración**

271 Cuando los documentos técnicos del proyecto así lo indiquen, se efectuará una prefisuración de las capas de
272 suelo estabilizado con los productos químicos no tradicionales antes de iniciar su compactación. La necesidad
273 de efectuar la prefisuración puede depender de factores tales como la posición de la capa dentro de la
274 estructura, el tipo de rodadura, la resistencia del material suelo aditivo, y el tipo de medidas que eventualmente

275 contemple el proyecto para evitar o controlar que el desarrollo de fisuras de contracción en la capa de suelo
276 aditivo deteriore la rodadura del pavimento; uno de los criterios para decidir si se requiere la prefisuración puede
277 ser que se superen las resistencias máximas de la mezcla mencionadas en la Tabla 350 -5.

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

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

288 Se deben emplear equipos y métodos de ejecución aprobados por el Interventor, cuya eficacia haya sido
289 comprobada después de la realización de la fase de experimentación (numeral 352.4.2) en el tramo de prueba
290 contemplado dentro del mismo proyecto.

291 **352.4.9 Compactación**

292 La compactación de la mezcla se debe realizar de acuerdo con el plan propuesto por el constructor y aprobado
293 por el Interventor durante la fase previa de experimentación.

294 El proceso de compactación debe ser tal, que evite la formación de una costra o capa superior delgada, que
295 puede estar débilmente adherida al resto de la capa de suelo mezclado con el sistema de estabilización. En
296 caso de que lo anterior se produzca, tal capa debe ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y
297 compacta.

298 Los trabajos de compactación deben ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de
299 la mezcla. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo
300 del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se deben compactar con
301 los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad
302 alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la
303 superficie se debe mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado (si se requiere para el producto,
304 según recomendaciones del fabricante).

305 **352.4.10 Juntas de trabajo**

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

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

312

313 **352.4.11 Curado de la capa compactada**

314 El procedimiento y tiempo de curado se debe hacer de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto
315 y dependiendo de las instrucciones técnicas del estabilizante químico. Para estabilizantes del tipo 2 puzolánicos
316 se debe curar por un período no menor de siete (7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con
317 emulsión de rotura rápida tipo CRR - 1, conforme se establece en el Artículo 422, Riego de curado.

318 Si la aplicación del riego de curado no se hace inmediatamente después de terminada la compactación, se
319 debe mantener la humedad de la superficie mediante riego frecuente de agua por aspersión, sin exceder un
320 período máximo de 24 horas después de la compactación.

321 En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro (24) horas después
322 de terminada la compactación, la superficie de la capa de suelo - aditivo debe presentar un aspecto denso y
323 homogéneo.

324 **352.4.12 Apertura al tránsito**

325 La capa de suelo estabilizada sólo se puede abrir al tránsito público de acuerdo con las condiciones particulares
326 del proyecto y las tolerancias del presente artículo. La apertura debe ser inicialmente durante un tiempo corto
327 que permita verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las áreas que deban ser objeto de
328 corrección. Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Interventor debe definir el instante de
329 apertura definitiva de la capa compactada, al tránsito público.

330 Los productos químicos deben garantizar un rápido desarrollo de la resistencia de diseño establecida,
331 permitiendo una apertura adecuada al tráfico de los vehículos.

332 **352.4.13 Limitaciones en la ejecución**

333 Las estabilizaciones con productos químicos no tradicionales sólo se pueden llevar a cabo cuando la
334 temperatura ambiente, a la sombra, sea superior de cinco grados Celsius (5° C) y cuando no haya lluvia o
335 temores fundados de que ella se produzca. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua
336 lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 352.4
337 de esta especificación, el constructor debe retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a
338 satisfacción del interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. En caso de lluvia sobre la
339 mezcla estabilizada esta debe retirarse y si ya fue compactada debe realizarse una verificación de los requisitos
340 de calidad de la estabilización y de no cumplirse debe ser retirada.

341 Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el
342 proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor
343 puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la
344 operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta
345 garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal
346 adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz
347 solar.

348 **352.4.14 Manejo ambiental**

349 Se aplica lo pertinente del numeral 300.4.8 del artículo 300, Disposiciones generales para la ejecución de
350 afirmados, sub bases granulares y bases granulares y estabilizadas.

351 Adicional a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores
352 requeridas para la ejecución de estabilizaciones de suelos con productos no tradicionales se deben realizar
353 teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como en las
354 normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la
355 comunidad.

356 Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en
357 las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos
358 del proyecto, por lo tanto, no son objeto de reconocimiento directo en el contrato.

359

360 **352.4.15 Conservación de la capa terminada**

361 El constructor debe conservar la capa de suelo estabilizada con productos químicos no tradicionales en
362 perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo
363 daño que se presente debe ser corregido a plena satisfacción de INVIA.

364 **352.5 Condiciones para el recibo de los trabajos.**

365 **352.5.1 Controles**

366 En adición a lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300, se deben efectuar ensayos de control de la
367 mezcla y, una vez compactada, de densidad, espesor y planicidad de la capa terminada

368 **352.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

369 **352.5.2.1 Calidad de los materiales**

370 **• Calidad de suelos o agregados por estabilizar**

371 De cada fuente de suelos y agregados por utilizar en la producción de la capa de suelo estabilizado y para
372 cualquier volumen previsto, se deben tomar mínimo cinco (5) muestras y ejecutar ensayos que permitan verificar
373 el cumplimiento de los requisitos establecidos en los documentos del proyecto.

374 Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y ordenar el retiro de los suelos
375 y agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al
376 máximo especificado. Además, se deben efectuar las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 352 - 5.

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

379

Tabla 352-5 Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Limpieza		
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

380 Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente
381 han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 352 - 5 y adoptar los correctivos
382 que sean necesarios. No se permite el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad
383 indicados en el numeral 352.2.1.

384 En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras
385 adicionales del material y repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo
386 contrario, el interventor no puede autorizar la utilización del material al que representen dichos ensayos.

387 ● **Calidad de los productos químicos**

388 Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se deben efectuar los ensayos de control que permitan
389 verificar la calidad de los productos químicos

390 Por ningún motivo se debe permitir el empleo de un producto cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

391 ● **Calidad del agua**

392 Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se debe verificar su pH y su contenido
393 de sulfatos, contenido de carbono orgánico.

394 ● **Calidad de los aditivos y productos de curado**

395 El constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos
396 productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y
397 eventual autorización de uso por parte del interventor.

398 **352.5.2.2 Calidad de la mezcla**

399 ● **Resistencia**

400 Con un mínimo de cinco (5) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra, se deben moldear probetas
401 según la norma de ensayo INV –E 624 para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión luego de
402 siete (7) días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la
403 mezcla. Cada muestra se debe tomar en un solo sitio de la capa extendida y conformada, inmediatamente antes
404 de iniciar la compactación, abarcando todo su espesor.

405 La resistencia media de las cinco (5) o más probetas que representan al lote (R_m), debe ser igual o superior al
406 noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el Constructor (R_d)
407 y aprobado por el interventor, conforme se describe en el numeral 350.4.1.

408

$$R_m \geq 0.92 R_d$$

[352.1]

409 A su vez, la resistencia de cada probeta (Ri) deberá ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor
410 medio, (Rm).

$$411 \quad \quad \quad RI \geq 0.90 R_d \quad \quad \quad [352.2]$$

412 Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. Si el
413 lote es rechazado, el constructor debe levantar la capa y reponerla hasta obtener aprobación del Interventor,
414 sin costo adicional para INVIAS. Se considera que el material removido es de propiedad del constructor.

415

416 Debe ser garantizada la resistencia de muestras posterior al proceso de inmersión en agua establecido en la
417 norma de ensayo INV-E 624, mediante la evaluación del índice de resistencia al agua (IRA), que consiste en la
418 relación porcentual entre las resistencias a la compresión posterior al proceso de inmersión y la correspondiente
419 en estado seco. $IRA (\%) = \frac{\text{Resistencia a la compresión posterior a la inmersión o capilaridad}}{\text{Resistencia a la compresión en estado seco}} * 100$

420 $IRA \geq 90\%$ criterio de aceptación para capas de suelo de subrasante diseñadas con
421 propósitos estructurales.

422 **352.5.2.3** **Calidad de la capa terminada**

423 Para efectos del control, se considera como "lote", que se debe aceptar o rechazar en bloque, a la menor área
424 construida que resulte de los siguientes criterios:

- 425 ● Quinientos metros lineales (500 m) de capa de suelo estabilizado con productos químicos no tradicionales.
- 426 ● Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de capa de suelo estabilizado con productos químicos no
427 tradicionales.
- 428 ● La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

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

433 Además, se deben realizar los siguientes controles

- 434 ● **Compactación**

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

438 Para el control de la compactación de una capa de suelo estabilizado con productos químicos no tradicionales,
439 se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno
440 y del ensayo de compactación en el laboratorio, bajo la energía de compactación definida para el proyecto
441 mediante la siguiente expresión:

442
$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,max}}$$
 [352.3]

443 Siendo:

444 GCi: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

445 $\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, sin efectuar corrección de ella por presencia de
446 sobre tamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

447 $\gamma_{d,max}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, realizado sobre una muestra representativa del mismo.

448 Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se deben aplicar los siguientes criterios para la aceptación
449 del lote:

450 $GC_i (90) \geq 98.0 \%$ se acepta el lote [352.4]

451 $GC_i (90) < 98.0 \%$ se rechaza el lote [352.5]

452 Siendo:

453 $GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor
454 promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo
455 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GCi.

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

457 Si el lote es rechazado, el constructor debe remover la capa y reponerla hasta que sea aceptada por el
458 interventor, sin costo adicional INVÍAS. El material removido se considera de propiedad del constructor.

459 • **Espesor**

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

462 $em > ed$ [352.6]

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

466 $e_i \geq 0.90 e_d$ [352.7]

467 Si se incumple alguno de estos requisitos, se debe rechazar el lote. En este caso, el constructor debe remover
468 la capa cumpliendo los requisitos establecidos en los documentos del proyecto, de tal manera que pueda ser
469 aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material removido se considera de propiedad
470 del constructor.

471

472 • **Planicidad**

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

477 Todas las áreas de la capa de suelo estabilizado con el producto químico no tradicionales donde los defectos
478 de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deben ser corregidas por el
479 constructor de acuerdo con lo establecido en los documentos del proyecto, y según las instrucciones
480 específicas del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

481 **352.6 Medida**

482 La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de mezcla colocada y compactada,
483 aprobada por el interventor, de acuerdo con esta especificación. El volumen se debe determinar utilizando la
484 longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los planos del
485 proyecto, previa verificación de que su ancho y espesor se encuentren conformes a dichos planos y dentro de
486 las tolerancias permitidas en este artículo.

487 No se deben medir cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por
488 sobre excavaciones de la subrasante por parte del constructor.

489 Si los documentos del proyecto indican que el producto estabilizante se paga por aparte, la unidad de medida
490 debe ser el kilogramo (kg) o litro (L) aproximado al kilogramo o litro completo, según corresponda a la naturaleza
491 del estabilizante, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el interventor.

492 En este caso, para determinar la cantidad del producto estabilizante efectivamente incorporada a la mezcla, se
493 debe tomar el porcentaje de estabilizante del lote determinado en la fórmula de trabajo. Se debe realizar el
494 cálculo correspondiente y se aproximar al kilogramo o litro completo.

495 **352.7 Forma de pago**

496 El pago de

497

498 la estabilización de suelos de subrasante o materiales existentes en las vías del proyecto, utilizados como
499 fundación o capas estructurales de una estructura de pavimento con productos químicos no tradicionales se
500 debe hacer por metro cúbico al respectivo precio unitario de contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con
501 este artículo y aceptada por el interventor.

502 El precio unitario debe incluir la escarificación de la subrasante o materiales existentes en las vías del proyecto,
503 utilizados como fundación o capas estructurales de una estructura de pavimento en el espesor requerido hasta
504 cumplir con las exigencias de este artículo; los costos del suministro del producto estabilizador en el sitio; los
505 costos de suministro de agua en el sitio que se pueda requerir para la estabilización y los costos de mezcla,
506 colocación, nivelación y compactación.

507 El precio unitario debe incluir, también, el suministro en el sitio del agua para el curado de la capa compactada
508 y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

509 El precio unitario debe cubrir todos los costos de obtención de todos los permisos ambientales requeridos; las
510 instalaciones provisionales; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las
511 obras. Además, debe incluir los costos de la fase de experimentación, de todos los ensayos de campo y de
512 laboratorio que estén a cargo del constructor, así como los de la señalización preventiva de la vía y el control
513 del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la subrasante terminada
514 y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

515 El precio unitario deberá incluir, también, los costos de los requisitos establecidos en el Artículo 106, Aspectos
516 Ambientales.

517 Si los documentos del proyecto indican que el producto estabilizado se paga por aparte, el precio unitario de la
518 subrasante estabilizada con productos químicos no tradicionales excluye el suministro en el sitio del mismo.

519 El precio unitario debe incluir, también, los costos de la administración, los imprevistos y la utilidad del
520 constructor.

521 **352.8 Ítem de pago**

522 Opción 1: El precio unitario de subrasante estabilizada con productos químicos no tradicionales

523 - Subrasante estabilizada con productos químicos no tradicionales (incluye el suministro del producto
524 estabilizador) = Metro cúbico (m^3)

525 Opción 2: El precio unitario de subrasante estabilizada con productos químicos no tradicionales, no incluye el
526 suministro del producto estabilizador

527 - Subrasante estabilizada con productos químicos no tradicionales (no incluye el suministro del producto
528 estabilizador) = Metro cúbico (m^3).

Ítem	Descripción	Unidad
352.1	Subrasante estabilizada con productos químicos no tradicionales (incluye el suministro del producto estabilizador)	Metro cúbico (m^3)
352.2	Subrasante estabilizada con productos químicos no tradicionales (no incluye el suministro del producto estabilizador)	Metro cúbico (m^3)

529