

## Sección 213.) ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

### 213.01 Descripción

Este trabajo consiste en el proceso de incorporación de un aditivo a una subrasante, en su condición existente o incluyendo la adición de material granular de aporte con el objetivo de lograr el cumplimiento de los requerimientos, de manera que la subrasante estabilizada pueda ser utilizada como capa de ruedo (con la adición o no de una capa no estructural impermeabilizante) para rutas de bajo volumen de tránsito (TPD menor a 500) o bien, formar parte de una estructura de pavimento en sustitución de materiales de préstamo o como mejorador de las propiedades mecánicas de capas granulares. Todo lo anterior tomando en cuenta las consideraciones para el cumplimiento de requisitos del diseño estructural del pavimento.

### 213.02 Material

Conforme las siguientes Subsecciones, del CR-2010 en su versión vigente:

Cal	725.03
Cemento Portland	701.01
Aditivos químicos	725.09
Agua	725.01
Emulsión Asfáltica	702.03
Aditivos Retardadores	711.03
Material de secado	703.13

### Requerimientos para la construcción

### 213.03 Requisitos mínimos

En la Tabla 213-1 se presentan recomendaciones para la selección del tipo de estabilizador en función de las propiedades físicas de la subrasante existente. Además, el tamaño máximo nominal del suelo permitido para la estabilización es de 10 cm, y se permitirá como máximo entre un 15% y un 20% retenido en la malla de una 1 pulgada en el material de la capa granular de ruedo. Se deberán eliminar todos los sobretamaños.

**Tabla 213-1.**  
**Requisitos para la selección de estabilizador**

Tipo de Estabilizador	Tipo de suelo	IP (AASHTO T-90)	% material pasando la Malla #200 (AASHTO T-27)	LL (AASHTO T-89)
Cal Hidratada	Granular <sup>(1)</sup>	12 mín <sup>(3)</sup>	12 mín	-
	Fino <sup>(2)</sup>		-	
Cemento	Granular <sup>(1)</sup>	12 máx	-	40 máx
	Fino <sup>(2)</sup>		-	
Aditivos químicos	Todos	Definido por el fabricante		

(1) El material granular es aquel que tiene 50% o menos de la muestra pasando la malla #200.

(2) El material fino es aquel que tiene más del 50% de la muestra pasando la malla #200.

(3) Materiales con valores de IP menores a 12 podrán ser estabilizados con cal, siempre y cuando los resultados de la estabilización cumplan con lo especificado en la Tabla 213-2 Requisitos de resistencia mínimos requeridos para mezclas de estabilización.

Se deberá cumplir con lo establecido en 213.07 Aplicación, sobre los porcentajes de material que deberán quedar producto de la escarificación.

En caso de requerir material granular de aporte, se deberá conocer y verificar la granulometría, de acuerdo con los requerimientos de la técnica de estabilización (tipo de aditivo) a utilizar, de manera que la mezcla final estabilizada cumpla las especificaciones indicadas en esta sección.

### 213.04 Diseño de Mezcla

Se suministrará un diseño de la mezcla para la estabilización de la subrasante 30 días naturales antes del inicio de las obras. Se cumplirá con los requisitos de curado, condicionamiento, resistencia a la compresión mínima y el CBR mínimo, requeridos en la Tabla 213-2. El valor de compresión mínima deberá ser el promedio de al menos tres especímenes.

**Tabla 213-2.**  
**Requisitos de resistencia mínimos requeridos para mezclas de estabilización**

<b>Aditivo Estabilizador</b>	<b>Procedimiento para la resistencia a la compresión</b>	<b>Resistencia a la Compresión a los 7 días (Mín.)</b>	<b>CBR (Mín.) (AASHTO T-193)</b>
Cal Hidratada	ASTM D 1633 <sup>(1)</sup>	0.30 MPa	15
Cemento	ASTM D 1633 <sup>(2)</sup>	1 MPa	
Aditivos químicos	ASTM D 1633 <sup>(3)</sup>	0.30 MPa (para materiales con más del 50% pasando la malla #200)	
		1.0 MPa (para materiales con 50% o menos pasando la malla #200)	

Previo a la falla someter los especímenes por 24 horas a un remojo por capilaridad (cubrir el espécimen con una tela absorbente) y colocar sobre una piedra porosa u oasis. El nivel del agua debe alcanzar la parte superior de la piedra porosa y estar en contacto con la tela para lograr la absorción por capilaridad, pero el espécimen de suelo no debe estar en contacto directo con el agua), de acuerdo con el método de la Asociación Americana de la Cal (NLA, por sus siglas en inglés), a menos que el fabricante indique lo contrario. Posteriormente se deberá realizar el curado de acuerdo con lo siguiente:

(1) Curar los especímenes por 7 días a 40°C dentro de una bolsa impermeable.

(2) 7 días de curado en cuarto húmedo.

(3) El curado deberá estar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Junto con el diseño de mezcla se deberá aportar:

- (a) Resultados de los ensayos realizados.
- (b) Muestra de suelo de 90 kg de la subrasante.
- (c) Muestra de aditivo estabilizador necesario para el tratamiento de 90 kg de subrasante de acuerdo al contenido de diseño.
- (d) Muestra de aditivo adicional (si el fabricante del aditivo químico lo recomienda) a utilizar de 2 kg.

La producción iniciará solamente después que el diseño de mezcla esté aprobado por la Administración. Se presentará un nuevo diseño de mezcla si hay algún cambio en alguna de las

fuentes de materiales en el caso que se requiera adición de material de aporte, o bien, cambios en las propiedades de la subrasante, de los aditivos.

### **213.05 General**

Los aditivos se guardarán en envases cerrados e impermeables cumpliendo con las recomendaciones del fabricante. La subrasante se preparará según la Sección 303 Reacondicionamiento de la Calzada, del CR-2010 en su versión vigente. El proceso de escarificación de la subrasante se efectuará hasta una profundidad mínima de 15 cm. El material de la subrasante se conformará en camellones o en capas delgadas extendidas, si el espesor de la capa a estabilizar es superior a los 20 cm, entonces deberá realizarse en varias capas. Se determinará el contenido de humedad óptima y la densidad máxima de la mezcla (suelo más aditivo) de acuerdo con la norma AASHTO T-99 para materiales finos o AASHTO T-180 para materiales granulares. Se deberá retirar todas las partículas mayores a 10 cm (sobretamaños).

### **213.06 Tramo de Prueba**

En coordinación con la Administración se deberá construir un tramo de prueba que sea representativo de la estabilización a realizar, para demostrar que se ha logrado alcanzar la capacidad de soporte (CBR mínimo) y resistencia a la compresión deseada, la densificación final y la homogeneidad (Tabla 213-2). El tramo de prueba deberá ser construido con unas dimensiones mínimas de un carril de ancho y 50 m de longitud.

Para el proceso de la ejecución del tramo de prueba, se deberá registrar: fecha, hora, ubicación y extensión del tramo, dosificación (agua, aditivos), espesor de la capa estabilizada, tiempos para mezclado y acabado antes de la fragua, descripción de la maquinaria de compactación utilizada (modelo, año, placa, tipo, peso), descripción del proceso de compactación (número de pasadas, velocidad, frecuencia de vibración, entre otras) necesario para obtener la densidad y el acabado de superficie que se especifica en el Contrato.

No se realizarán trabajos de estabilización de la subrasante, hasta que el tramo de prueba haya sido evaluado y aceptado por la Administración, en función de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de verificación.

Todo el proceso de la construcción del tramo de prueba deberá quedar documentado en la Bitácora del Proyecto, incluyendo los detalles operativos pertinentes.

### **213.07 Aplicación**

Para el caso de la cal y el cemento, se aplicarán cuando el material de la subrasante tenga una humedad de al menos 3% por debajo del contenido de humedad óptimo y una temperatura del ambiente mayor a 4°C. Se deberá evitar aplicar los aditivos cuando exista riesgo de pérdida excesiva del mismo por lavado o por condiciones ventosas, o cuando se estime que la temperatura del ambiente pueda bajar a 4°C o menos en un plazo de 48 horas.

En el caso de aditivos químicos se deberán seguir todas las recomendaciones del fabricante para una aplicación correcta del producto. La Administración deberá aprobar el método de construcción a través del tramo de prueba.

Se deberá realizar la mezcla para la estabilización en planta, si por las condiciones del proyecto esto no fuera posible, se podrá realizar el mezclado en sitio, de acuerdo con lo siguiente:

**(a) Mezclado en Planta**

La planta de mezclado deberá cumplir con las características mínimas indicadas por la Administración, deberá estar equipada con aditamentos alimentadores y medidores que garanticen la dosificación del aditivo, el agregado y el agua en las cantidades especificadas. Se debe transportar la mezcla en vehículos que mantengan el contenido de humedad y eviten la segregación y pérdida del material fino. Para este tipo de mezclado se debe asegurar que el tiempo de acarreo y colocado en sitio no sobrepase el tiempo en el que se inicia la fragua, el que dependerá del aditivo seleccionado y las indicaciones del fabricante.

**(b) Mezclado en Sitio**

El aditivo seleccionado se aplicará en la dosis requerida teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

(1) Cal o cemento:

- Debe evitarse extender en condiciones ventosas en áreas pobladas o en zonas adyacentes al tráfico de vehículos pesados.
- Antes de comenzar con el mezclado no se deben realizar camellones con el aditivo estabilizador, se debe utilizar un esparcidor aprobado por la Administración (motoniveladoras, palas, entre otras) que genere una capa uniforme y homogénea (espesor y ancho) de aditivo a lo largo de una longitud definida por la Administración.

(2) Lechada de cal o cemento:

- Se recomienda utilizar camiones distribuidores con recirculación si las distancias son largas. Para distancias cortas posible mantener en suspensión la lechada; la distribución puede hacer por gravedad y con doble aplicación de lechada para suelos que generalmente son escarificados.

(3) Aditivos Químicos:

- El mezclado se debe realizar de acuerdo con lo especificado por el fabricante, se debe garantizar homogeneidad y evitar las pérdidas.

Además, se debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Durante el mezclado no se permite el paso de vehículos, excepto el equipo que está realizando el procedimiento.
- Se deberá verificar que la sección que se desea estabilizar tiene la profundidad correcta.
- La mezcla iniciará con la escarificación, se puede agregar el agua durante el proceso o inmediatamente después.
- Para capas de arcillas muy plásticas mayores a 20 cm, mezclar una capa de arcilla y aditivo en dos tractos (cada capa de máximo 20 cm). Para el proceso de fragua, se deberán tomar las previsiones necesarias para el control de tránsito.

- El plazo para mezclado deberá ser tal que se garantice que no ocurra fraguado, se minimicen las pérdidas de aditivos y se permita las buenas prácticas constructivas.
- La mezcla final y la escarificación en campo (pulverización) se realizan hasta que el 90% del material pase el tamiz de 25 mm, y un 60% pase el tamiz de 4,75 mm (No. 4) según el ensayo AASHTO T-27. Se pueden añadir retardadores de fragua cuando se utilice cemento como estabilizador. Después del proceso de mezcla, se debe compactar la capa con la maquinaria adecuada, en el caso de aditivos como cal y cemento se podrá utilizar de manera opcional compactador pata de cabra o compactador neumático, y en el caso de la utilización de aditivos químicos la compactación se realizará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, y de conformidad con la Subsección 213.08 Compactación y acabado.
- Las secciones a estabilizar en carriles adyacentes deben traslaparse lo suficiente (15-20 cm) para evitar dejar materiales sin mezclar en los bordes.

### **213.08 Compactación y acabado**

Para el proceso de compactación y acabado deberán tomarse en cuenta, como mínimo, los siguientes aspectos:

- (a) A menos que el estabilizador requiera un tratamiento diferente, la compactación se debe realizar inmediatamente después de colocar la mezcla final.
- (b) Deberá compactarse como mínimo al 95% de la densidad máxima obtenida de la mezcla (aditivo-suelo) en el ensayo AASHTO T-99 o T-180.
- (c) El equipo a utilizar debe asegurar que se dé la compactación en la totalidad del espesor de la capa. Si el espesor total de la capa a estabilizar es mayor a 20 cm se deberá estabilizar y compactar en varias capas que no superen dicho valor o bien, utilizar un equipo adecuado que garantice la densidad en toda su profundidad, para lo cual deberá verificarse.
- (d) Se determinará la densidad en el sitio y el contenido de agua según AASHTO T-310 (métodos nucleares) u otros métodos de ensayo aprobados por la Administración.
- (e) Se dará un acabado a la superficie de la subrasante estabilizada de modo que cumpla los requerimientos indicados en planos.
- (f) En caso de que la capa estabilizada quede expuesta, se deberá conformar la superficie con una pendiente transversal (bombeo) de al menos 3% hacia ambos lados de la vía (inclinación convexa o doble).

### **213.09 Curado en sitio**

Para aquellos estabilizadores que requieran curado, se aplicará lo siguiente

- (a) Se curará la mezcla que contenga cemento manteniéndola húmeda en un período cercano a 7 días, o bien, utilizando una membrana para retención de humedad.
- (b) Para mezclas que contengan otros aditivos estabilizadores, el curado se realizará de acuerdo con lo especificado por el fabricante.

Si la subrasante permanecerá expuesta, se deberá curar utilizando el método húmedo o con membrana por un periodo de 7 días después de compactada y acabada.

## **213.10 Control y Verificación de Calidad**

El control de calidad de los materiales, productos y procesos, es responsabilidad exclusiva del Contratista y lo respaldará mediante constancias de calidad generadas a partir de las pruebas pertinentes realizadas por su laboratorio debidamente aceptado por la Administración, con acreditación ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) para todos los ensayos o pruebas relevantes a efectos de realizar los diseños y de calcular los parámetros de pago en función de la calidad.

En la Tabla 213-3, se presentan los requisitos mínimos para aceptación, sin embargo el Contratista debe presentar un plan de control de calidad que se ajuste a su programa de trabajo y a las condiciones propias del proyecto. Queda a criterio de la Administración solicitar el incremento de las frecuencias de muestreo y los ensayos para efectos de aprobación del plan. Este Plan de control de calidad del contratista, debe contar con el aval de la Administración de cada proyecto y deberá estar de acuerdo con la disposición SC-03-2001 Aseguramiento de la Calidad o su versión vigente.

La Administración elaborará su Plan de Verificación en función del plan de control de calidad que haya presentado el contratista. La Administración establecerá el tipo de ensayos y las frecuencias de la Tabla 213-03, que permitan aplicar la Subsección 107.04 Conformidad determinada o ensayada, del CR-2010 en su versión vigente, para determinar el pago del trabajo en función de la calidad. Adicionalmente cuando corresponda aplicará la Subsección 107.02 Inspección Visual, del CR-2010 en su versión vigente.

## **213.11 Aceptación**

El material de secado, aditivos químicos para estabilización y retardadores, cal, cemento Portland y agua se evaluarán según las Subsecciones 107.02 Inspección Visual y 107.03 Certificación, estas del CR-2010 en su versión vigente. La emulsión asfáltica se evaluará según la Subsección 107.03 Certificación, del CR-2010 en su versión vigente.

El trabajo de estabilización de la subrasante se evaluará según las Subsecciones 107.02 Inspección Visual y 107.04 Conformidad determinada o ensayada, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 213-3, estas del CR-2010 en su versión vigente.

## **213.12 Medida**

La estabilización de la subrasante se medirá por metro cuadrado a un espesor indicado en los planos y especificaciones del proyecto. Se medirá el ancho de la sección transversal y la longitud horizontalmente a lo largo de la línea centro de la vía.

Se medirá la cantidad de cal o cemento a utilizar en toneladas. El aditivo químico se medirá en litros o kilogramos. La emulsión asfáltica para el curado se medirá en litros. El material de secado se medirá por metro cuadrado a un espesor determinado.

## 213.13 Pago

Las cantidades aceptadas y medidas como se indica en la Subsección 213.13 Medida, se pagarán al precio de Contrato usando la unidad de medida para los renglones de la siguiente lista y que fueron indicados en los documentos de licitación. El pago corresponderá a la remuneración total para el trabajo descrito en esta Sección y de conformidad con la Subsección 110.05 Alcance del pago, del CR-2010 en su versión vigente.

El pago se hará según se indica:

<b>Renglón de Pago</b>	<b>Unidad de Medida</b>	
<b>CR. 213.01</b> Estabilización de subrasante con _____ mm de espesor	Metro Cuadrado	(m <sup>2</sup> )
<b>CR. 213.02</b> Cal	Tonelada	(t)
<b>CR. 213.03</b> Cemento	Tonelada	(t)
<b>CR. 213.04</b> Aditivo Químico	Litros	(L)
<b>CR. 213.05</b> Aditivo Químico	Kilogramos	(kg)
<b>CR. 213.06</b> Emulsión Asfáltica	Litros	(L)
<b>CR. 213.07</b> Material de secado	Metro cuadrado	(m <sup>2</sup> )

## 213.14 Requisitos mínimos para muestreo y ensayo

En la Tabla 213-3 Requisitos mínimos de muestreo y ensayo, se presentan los requisitos mínimos para aceptación, sin embargo, el Contratista debe presentar un plan de control de calidad que se ajuste a su programa de trabajo y a las condiciones propias del proyecto, no obstante, queda a criterio de la Administración solicitar el incremento de esa frecuencia y los ensayos para efectos de aprobación del plan. Este plan de control de calidad del Contratista, debe contar con el aval de la Administración de cada proyecto

Para efectos del plan de verificación, la Administración establecerá el tipo de ensayos y las frecuencias basada en la Tabla 213-3, que permitan aplicar las Subsecciones 107.04 Conformidad determinada o ensayada o control estadístico y 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo), del CR-2010 en su versión vigente, para determinar el pago del trabajo en función de la calidad. Adicionalmente cuando corresponda aplicará la subsección 107.02 Inspección Visual, del CR-2010 en su versión vigente.

Los laboratorios que realicen los ensayos para el control de calidad por parte del Contratista y la verificación de la Administración a través de terceros contratados para dicha función, deben estar debidamente acreditados bajo la norma INTE-ISO-IEC 17025 vigente, ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA), de acuerdo con la Sección 153 Control de calidad del proyecto, del CR-2010 en su versión vigente.

**Tabla 213-3.  
Requisitos mínimos de Muestreo y Ensayo**

<b>Material o Producto</b>	<b>Propiedades o Características</b>	<b>Categoría</b>	<b>Métodos del Ensayo o Especificaciones</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Lugar del Muestreo</b>
Material de subrasante sin estabilizar	Límites de Attemberg	-	AASHTO T-89/90	1 cada 2500m <sup>2</sup>	Material en sitio
	CBR	I	AASHTO T-193	1 cada 2500 m <sup>2</sup>	Material antes de la compactación final
	Densidad y Humedad	-	AASHTO T-99 AASHTO T-180	1 cada 2500 m <sup>2</sup>	Laboratorio
	Granulometría <sup>(1)</sup>	-	AASHTO T-27	1 cada 2500m <sup>2</sup>	Material en sitio
Material de subrasante estabilizado	Límites de Attemberg	-	AASHTO T-89/90	1 cada 2500m <sup>2</sup>	Material en sitio
	Compresión Inconfinada	I	De acuerdo con Tabla 213-2	1 cada 2500 m <sup>2</sup> o 1 cada día de trabajo	Material procesado antes de la compactación final
	CBR	I	AASHTO T-193	1 cada 2500 m <sup>2</sup> o 1 cada día de trabajo	Material mezclado y homogenizado antes de la compactación final
	Densidad en sitio y contenido de humedad	-	AASHTO T-310 u otro procedimiento aprobado	1 cada 100 m	Subrasante compactada

(1) Verificar el cumplimiento de la granulometría especificada en los casos en los que se requiera la inclusión de material de aporte.