



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-UMP-A-003

PROPUESTA DE MODIFICACIÓN A LA SECCIÓN 213: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL Y CEMENTO, CR 2010

Preparado por:
Unidad de Pavimentos y Materiales

San José, Costa Rica
Febrero, 2013

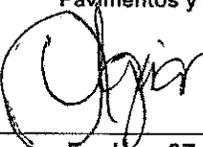
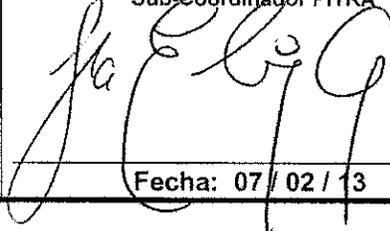
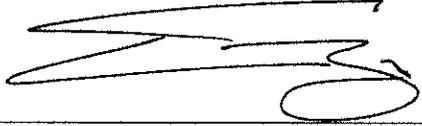
1. Informe LM-PI-UMP-A-003		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: PROPUESTA DE MODIFICACIÓN A LA SECCIÓN 213: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES, CR 2010		4. Fecha del Informe Febrero, 2013
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias El informe responde a la solicitud realizada por el Ministro de Obras Públicas y Transportes, en concordancia con lo establecido en el Artículo 6, inciso g) de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria (N°8114)		
9. Resumen <i>En respuesta a la petición realizada por el Ministro de Obras Públicas y Transportes Ing. Pedro Castro Fernández, el LanammeUCR mediante el análisis de diferentes investigaciones realizadas en cuanto a las estabilización de subrasantes con cal, ha realizado un estudio para determinar la necesidad de modificar las especificaciones actuales en ese campo (Sección 213 del CR 2010), además de proponer los cambios considerados necesarios para el mejor desempeño de la cal en proyectos de obra vial en Costa Rica.</i>		
10. Palabras clave Especificaciones, estabilización, subrasante, cal, cemento	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 12
13. Preparado por: Ing. Gustavo Badilla Vargas Investigador  Fecha: 07/02/13	Ing. Tania Ávila Esquivel Investigador  Fecha: 07/02/13	
14. Revisado por: Ing. José Pablo Aguiar, PhD Coordinador Unidad de Pavimentos y Materiales  Fecha: 07/02/13	Ing. Fabián Elizondo Arrieta, MBA Sub-Coordinador PITRA  Fecha: 07/02/13	15. Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, PhD Coordinador General PITRA  Fecha: 07/02/13



TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 Objetivo general.....	4
2. INVESTIGACIÓN REALIZADA.....	4
3. SECCIÓN 213) ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE.....	5
3. ANÁLISIS FINAL.....	12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requisitos de resistencia a la compresión mínimos requeridos para mezclas de estabilización	6
Tabla 2: Muestreo y Ensayo.....	12



1. INTRODUCCIÓN

En respuesta a la petición realizada por el Ministro de Obras Públicas y Transportes Ing. Pedro Castro Fernández, el LanammeUCR mediante el análisis de diferentes investigaciones realizadas en cuanto a las estabilización de subrasantes con cal, ha realizado un estudio para determinar la necesidad de modificar las especificaciones actuales en ese campo (Sección 213 del CR 2010), además de proponer los cambios considerados necesarios para el mejor desempeño de la cal en proyectos de obra vial en Costa Rica.

Se recomienda que los siguientes apartados y sus modificaciones se introduzcan a la brevedad, para asegurar una mayor calidad en el desempeño de la mezcla a corto, mediano y largo plazo.

1.1 Objetivo general

Revisar y modificar la "Sección 213: Estabilización de Subrasantes" del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR 2010.

2. INVESTIGACIÓN REALIZADA

Con base en la experiencia adquirida en el desarrollo de los proyectos de investigación:

- Guía para la estabilización o mejoramiento de rutas no pavimentadas (UI-06-08)
- Implementación de los ensayos de laboratorio para el diseño y evaluación del desempeño de materiales estabilizados con cal (UI-06-09)
- Implementación de la metodología de diseño para materiales tratados con cal en la construcción y evaluación del desempeño de tramos de prueba en un proyecto en construcción (UI-02-10)
- Evaluación del desempeño de materiales tratados con cal en tramos de prueba "Municipalidad de Cañas" (UI-08-11)
- Evaluación del desempeño de materiales tratados con cal en tramos de prueba "Municipalidad de Cartago" (UI-02-11)
- Evaluación en campo de materiales tratados con cal en tramos de prueba "Municipalidad de Cañas"



- Evaluación en campo de materiales tratados con cal en tramos de prueba "Municipalidad de Cartago"

Se realizó una revisión y modificación de la Sección 213: Estabilización de Subrasantes del CR 2010.

3. SECCIÓN 213) ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE

213.01 Descripción.

Este trabajo consiste en el proceso de incorporación de cal o cemento Portland en la capa superior de la subrasante a fin de que la subrasante estabilizada pueda ser utilizada como subrasante mejorada, base o subbase dependiendo de la mejora de sus propiedades físico-mecánicas producto de la estabilización.

213.02 Material.

Conforme las siguientes Subsecciones:

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

Requerimientos para la construcción

213.03 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 resistencia a la compresión mínima requeridos en la Tabla 213-1.



Tabla 1: Requisitos de resistencia a la compresión mínimos requeridos para mezclas de estabilización

Mezcla de Estabilización	Procedimiento	Resistencia a la Compresión (Mín.)		
		Uso Previsto	Curado durante 8 días (KPa)	
Cal/Suelo	ASTM D 5102 (B)	Subbase (1)	Pavimento Rígido/Losas	345
			Pavimento Flexible (> 25cm) ^a	415
			Pavimento Flexible (20-25cm) ^a	485
			Pavimento Flexible (13-20cm) ^a	620
		Base (1)	895	
Cemento/Suelo	ASTM D 1633	2.75 MPa (2)		

(1) Previamente a la falla cure los especímenes por 7 días a 40°C dentro de una bolsa impermeable, seguidamente someta los especímenes por 24h a un remojo por capilaridad (Cubrir el espécimen con una tela absorbente y colocar sobre una piedra porosa. 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 de estar en contacto directo con el agua)

(2) 7 días de cura en cuarto húmedo seguidos por saturación por inmersión durante 4 horas

Se incluirá lo siguiente con el diseño de la mezcla, en todos los casos en que sea aplicable:

- (a) Fuente de cada uno de los materiales componentes
- (b) Resultados de las pruebas aplicables
- (c) Muestra de suelo de 90 kilogramos de la subrasante
- (e) Muestra de cal de 10 kg
- (f) Muestra de cemento Portland de 10 kg

La producción iniciará solamente después de que el diseño de mezcla esté aprobado por el Contratante. Se presentará un nuevo diseño de mezcla si hay algún cambio en una de las fuentes de materiales.

213.04 General.

Los aditivos se guardarán en envases cerrados e impermeables a no ser que el Contratante autorice lo contrario. La subrasante se preparará según la Sección 303. Los procesos de escarificación y pulverización de la subrasante se efectuarán hasta una profundidad mínima

Informe LM-PI-UMP-A-003	Fecha de emisión: 07 de febrero de 2013	Página 6 de 12
-------------------------	---	----------------



de 150 mm. El material de la subrasante se dimensionará y conformará en camellones o en capas delgadas extendidas. Se determinará el contenido de humedad óptima y la densidad máxima de acuerdo con la norma AASHTO T 99 método C.

213.05 Aplicación.

Los aditivos se aplicarán cuando el material de la subrasante tenga una humedad por lo menos 3 % por debajo del contenido de humedad óptimo y por lo menos una temperatura de 4 °C. No se deberá aplicar ningún aditivo cuando se espere una pérdida excesiva del mismo por el lavado o por condiciones ventosas, o cuando se espere que la temperatura del aire baje a 4 °C o menos en el plazo de 48 horas.

Existen dos métodos para la aplicación de los aditivos, mezclado en planta o en sitio. Siendo la primera alternativa la que genera mejores resultados.

Mezclado en Planta

Se puede realizar la mezcla en planta, siempre y cuando esta cumpla con las características mínimas indicadas por la Administración. Se debe transportar la mezcla en vehículos que mantengan el contenido de humedad y eviten la segregación y pérdida del material fino.

Mezclado en Sitio

El aditivo seleccionado se aplicará en la dosis requerida siguiendo uno de los siguientes métodos:

a) Cal viva:

1. Por gravedad, dejando caer la cal formando un camellón, usar un esparcidor aprobado por el Contratante, se puede usar cal hasta un tamaño de $\frac{3}{4}$ ".
2. Se requiere que el área esté nivelada y suficientemente seca, para que no haya ahuellamiento bajo las llantas del camión, se debe marcar el área en la que se aplicará una cantidad conocida de cal.

b) Cal hidratada seca o cemento:



1. No se debe extender en condiciones de viento, en áreas pobladas, o en zonas adyacentes al tráfico de vehículos pesados.
 2. No se recomienda esparcir la cal/cemento en camellones en este caso. Usar un esparcidor aprobado por el Contratante que genere una capa uniforme del aditivo a través de una longitud que establecerá el Contratante.
- c) Lechada de cal o cemento:
1. Se recomienda utilizar camiones distribuidores con recirculación si las distancias son largas. Para distancias cortas es posible mantener en suspensión la lechada; la extensión se puede hacer por gravedad y con doble aplicación de lechada para suelos que generalmente son escarificados al ser esta menos concentrada que la cal/cemento seca(o).

213.06 Mezclado.

Se mantendrá todo el tráfico, excepto el equipo de mezclado, alejado del material de riego. Se mezclará el material para obtener una mezcla homogénea.

a) Mezcla preliminar y aplicación de agua

1. Se requiere una mezcla preliminar para ajustar el contenido de humedad de la mezcla al valor óptimo más la humedad necesaria para la hidratación de acuerdo al diseño de mezcla obtenido en el laboratorio.
2. La mezcla se inicia con la escarificación, se puede agregar el agua durante el proceso o inmediatamente después.
3. Hay que asegurar un contenido de humedad del suelo 3% arriba del óptimo, antes de compactar, la cal viva requiere agua adicional para ello, por lo que se debe verificar utilizando una pala, para asegurar que no hay partes sin hidratar, de lo contrario, se deberá adicionar el agua necesaria para completar la hidratación.
4. Verificar que la sección que se estabilizada tiene la profundidad correcta.
5. Para arcillas muy plásticas, mezclar una capa de arcilla y cal/cemento en dos capas, para un fraguado de 24 a 48 horas, la arcilla se hace friable, y la pulverización se logra en la mezcla final.



6. Después de la mezcla, se debe compactar la capa con la maquinaria adecuada. (compactador Pata de Cabra, o compactador neumático)
- b) Período de fraguado
1. Se terminará el mezclado en un plazo de 6 horas desde la aplicación del aditivo. Se curará la mezcla de 2 a 7 días manteniéndola húmeda.
- c) Mezcla final y pulverización
1. La mezcla y pulverización se hacen hasta que el 100% del material pase el tamiz de 1 pulgada, y un 60% pase el tamiz No. 4 según el ensayo AASHTO T 27, en condición sin secar. Se pueden añadir retardadores de fragua cuando se utilice cemento como estabilizador.
 2. Para cal viva, todas las partículas deben de estar hidratadas, y haber sido mezcladas.
 3. Para cal viva seca, después del mezclado final, y antes de la compactación, verificar que se ha logrado la mezcla, esto se puede verificar observando si se presentan manchas que al mezclarlas con agua se disuelven, por lo que se requiere una mezcla adicional.
 4. Se terminará la mezcla en un plazo de 2 horas después de la aplicación del cemento/cal.
 5. Puede ser requerida agua adicional en la mezcla final para alcanzar el 3% sobre la humedad óptima.
 6. Si los requerimientos de pulverización se pueden completar en la mezcla preliminar, el fraguado y mezcla final se pueden eliminar.

213.07 Compactación y acabado.

- a) Deberá compactarse al 95% de de la densidad máxima obtenida en el ensayo AASHTO T99 (Próctor estándar).
- b) El valor de la densidad óptima es el obtenido de la curva Próctor de una mezcla de suelo-cal o suelo-cemento.
- c) La compactación es inmediata a la mezcla final.
- d) El equipo de compactación a utilizar debe asegurar la compactación de la profundidad de la capa, sin exceder espesores de capa de 200mm. Si el espesor de



- la capa a estabilizar es mayor a 200mm se deberá estabilizar y compactar en subcapas que no superen dicho valor.
- e) Se determinará la densidad en el sitio y el contenido de agua según AASHTO T 238 y AASHTO T239 u otros métodos de ensayo aprobados
 - f) Si el tiempo entre la compactación de bandas parciales adyacentes excede 30 minutos o cuando se deba empalmar con el trabajo previo, se realizará una junta de construcción según la Subsección 302.07.
 - g) Se le dará un acabado a la subrasante, de modo que la superficie quede lisa y adecuada para la colocación de la capa siguiente.

213.08 Curado.

- a) No se permitirá el tráfico en la subrasante estabilizada durante el proceso de curado.
- b) Antes de colocar la siguiente capa, se debe dejar endurecer la subrasante compactada hasta que los camiones pesados pasen sin formar ahuellamiento.
- c) Se mantendrá la subrasante continuamente húmeda hasta que se coloque la siguiente capa por al menos 7 días.
 - 1. Curado húmedo: Mantenimiento de la superficie en condición húmeda por medio de un rociado leve y compactación cuando sea necesario.
 - 2. Curado con membrana: Sellado de la capa compactada con emulsión asfáltica, en una o varias aplicaciones, en la dosis por metro cuadrado que defina el Contratante, según la Sección 702.03. Se colocará una película continua sobre la superficie. Si la superficie se abre al tránsito, se suministrará y aplicará el polvo de secado según la Sección 703.13. La colocación de la capa siguiente no deberá realizarse en un plazo superior a 22 días cuando se utilice curado con membrana.
- d) Se colocará la capa siguiente en un plazo de 7 días después de compactada y acabada la subrasante.
- e) Si la subrasante pierde estabilidad, densidad o acabado antes de la colocación de la capa siguiente, se deberá tratar nuevamente lo necesario para restablecer la resistencia del material dañado de acuerdo con lo especificado en el diseño de la mezcla. Se aplicará el sello de emulsión asfáltica donde la película continua se haya dañado.



213.09 Aceptación.

El material para el polvo de secado, los aditivos químicos (retardadores), la cal, el cemento Portland y el agua se evaluarán según las Subsecciones 107.02 y 107.03. La emulsión asfáltica se evaluará según las Subsecciones 107.03 y 702.10.

El trabajo de estabilización de la subrasante se evaluará según las Subsecciones 107.02 y 107.04. Ver Tabla 213-2 para el muestreo mínimo y los ensayos requeridos.

El reacondicionamiento de la subrasante se evaluará según la Sección 303.

El sello de emulsión asfáltica se evaluará según la Sección 702.03.

213.10 Medida.

La estabilización de la subrasante se medirá por metro cuadrado. Se medirá el ancho horizontalmente para incluir la parte superior del ancho de la subrasante y el ensanchamiento de la curva admisible. Se medirá la longitud horizontalmente a lo largo de la línea centro de la vía. Se medirá la cal y el cemento por tonelada métrica.

La emulsión asfáltica se medirá según la Sección 702.03.

El material de secado se medirá según la Sección 703.13.

213.11 Pago.

Las cantidades aceptadas y medidas como se indica en la Subsección 213.10, 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 prescrito en esta Sección. Vea la Subsección 110.05.

El pago se hará según se indica:

Renglón de Pago	Unidad de Medida
CR. 213.01 Estabilización de subrasante con mm de espesor	Metro Cuadrado (m ²)
CR. 213.02 Cal	Tonelada métrica (Tm)
CR. 213.03 Cemento	Tonelada métrica (Tm)



Tabla 2: Muestreo y Ensayo

Material o Producto	Propiedades o Características	Métodos del Ensayo o Especificaciones	Frecuencia	Lugar del Muestreo
Material de Subrasante	Graduación	AASHTO T27	1 cada 5000m ²	Material procesado antes de la compactación final
	Humedad-Densidad	AASHTO T99 Método C	1 por cada mezcla o cambio de material	Material procesado antes de la compactación final
	Densidad en sitio y contenido de humedad	AASHTO T238 y AASHTO T239 u otro procedimiento aprobado	1 cada 2500m ²	Subrasante compactada

3. ANÁLISIS FINAL

Las variaciones en las especificaciones planteadas en este documento, responden a la investigación que el LanammeUCR ha realizado.

La cal/cemento es una alternativa que ofrece tanto beneficios ecológicos, como económicos para la conservación de las vías de lastre del país, en especial para las zonas con altos contenidos de humedad natural, creando un material duradero y resistente.

Es deseable que estas modificaciones sugeridas sean exigidas y aplicadas al corto plazo en los carteles de licitación para estabilización de subrasantes, ya que estas se plantean en pro de una mejora significativa en el desempeño de las mismas, con el fin de ofrecer al país una mejora a los proyectos de conservación vial así como en la infraestructura vial a nivel nacional.