

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

## SECCIÓN 230-11

### ESTABILIZACIÓN CON CAL

#### 230.1 OBJETIVO

Este trabajo consiste en el mejoramiento de suelos de subrasante, subbases o bases con cal, la determinación de las características que deben cumplir los materiales involucrados y el proceso constructivo de acuerdo con las cotas de diseño. La cal se puede aplicar para mejorar suelos demasiado húmedos, mejorar la plasticidad de un "suelo no tolerable" y convertirlo en un "suelo adecuado" (definiciones de acuerdo con la Tabla 320.1 de la Sección 320 de estas especificaciones), aumentar la resistencia mecánica del mismo, aumentar la trabajabilidad del suelo y reducir su potencial de hinchamiento.

#### 230.2 ALCANCE

Presentar las características de los materiales que hacen parte de una estabilización con cal, el proceso constructivo y la realización del control final de la mezcla suelo-cal de acuerdo con los parámetros de diseño.

#### 230.3 MATERIALES

El material por estabilizar con Cal, podrá provenir de la escarificación de la capa superficial existente, de la excavación de suelos naturales o zonas de préstamo, de agregados locales de baja calidad, de escorias, o mezclas de ellos. Por otra parte también se podrán estabilizar bases o subbases granulares, las cuales una vez estabilizadas deberán cumplir con los requisitos de calidad según la Sección 400 de estas especificaciones.

El Constructor es el responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos y deberá realizar todos los ensayos que sean necesarios, en adición de los que taxativamente se exigen en esta Sección, para garantizarle al Instituto de Desarrollo Urbano la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar.

En el caso de suelos granulares el tamaño máximo no podrá ser mayor de setenta y cinco milímetros (75 mm), ni superior a la mitad (1/2) del espesor de la capa compactada.

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto Desarrollo Urbano
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

**Tabla 230.1**

**Características que debe cumplir el material in situ para estabilizarlo con cal**

Ensayo	Norma de ensayo	Recomendaciones
Humedad	INV E – 122-07	*
Límite líquido	INV E – 125-07	≥40
Límite plástico	INV E – 126-07	>15
Índice de plasticidad		
CBR, % mínimo del material sin cal - Referido al 95 % de la densidad seca máxima, según el ensayo INV E-142-07 (AASHTO T 180), método D, después de 4 días de inmersión.	INV E – 148-07	<3%
Expansión	INV E-804-07	≥2%
Proporción de sulfatos del material combinado, expresada como SO <sub>4</sub>	INV E-233-07	≤0,3%
Granulometría		Material que pasa el tamiz N°4 ≥50%
Contenido de materia orgánica (%)		≤0.1

\*Uno de los objetivos de la estabilización con cal es disminuir el contenido de agua en suelos muy húmedos. Esta condición se determinará según necesidades del terreno, al final de la estabilización, éste deberá cumplir con el % óptimo de humedad según proctor modificado.

La granulometría del material pulverizado, listo para estabilizar, deberá ajustarse a los límites señalados en la Tabla 230.2.

Tabla 230.2

**Granulometría del material pulverizado para estabilizar con cal**

**Tabla 230.2**

**Granulometría del material pulverizado para estabilizar con cal**

Tamiz		Porcentaje que pasa
Normal	Alterno	
4,75 mm	N°4	≥ 50%
75 µm	N°200	≥ 25%

**230.3.1**

**Propiedades físico químicas de la cal**

La cal recomendada para procesos de estabilización es la Cal hidratada (Hidróxido de calcio- Ca(OH)<sub>2</sub> que se puede adicionar como lechada de cal o en forma granulada. La cal hidratada reacciona con las partículas de arcilla del suelo o material y desarrolla una condición cementante en esta mezcla. En los suelos finos la cal disminuye la susceptibilidad al agua.

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

La cantidad de cal se debe determinar según las normas de ensayo INV E-805-07 e INV E-804-07, según la necesidad de aplicación. La resistencia de mezclas suelo –cal se hallará siguiendo la Norma INV E-801-07.

**Tabla 230.3**

**Características de la cal para estabilizar**

Propiedades	Parámetro	Valores permitidos
		Cal hidratada
Químicas	Óxido total (CaO + MgO), sobre base no volátil	Min 90 %
	Dióxido de Carbono, tomado en la planta de fabricación	Máx. 5 %
	Cal aprovechable según la ASTM C25, o la AASHTO T219,	90% sobre una base no volátil 70% sobre una base volátil
Físicas	Humedad libre en punto de fabricación	2%
	Distribución de tamaños	Partículas retenidas en el tamiz No 30(0.569mm), ≤ 3% Partículas retenidas en el tamiz No 200, ≤25%

Si por alguna razón la cal ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no podrá ser utilizada.

**230.3.2**

**Propiedades del agua**

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Su pH, medido de acuerdo con norma de ensayo ASTM D-1293, deberá estar entre cinco y medio y ocho (5.5 y 8.0).

**230.3.3**

**Propiedades del agregado de adición**

Cuando se requiera ajustar granulométricamente la capa estabilizada, el material de mejoramiento deberá cumplir con las características establecidas en la sección 400 de las presentes especificaciones.

**230.4**

**DISEÑO DE LA MEZCLA**

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor entregará al Interventor, para su verificación, muestras representativas del material por estabilizar y de la cal que se propone utilizar, respaldadas por los resultados de los ensayos de laboratorio que demuestren la conveniencia de utilizarlos en la mezcla. Igualmente presentará el diseño de la misma.

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

- La granulometría del material que se va a estabilizar



<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

Capa	Ensayo	Valor recomendado	Norma
SUBRASANTE FINA	IP de la mezcla material/suelo-cal (mezcla previa)	≤3%	INV E-125-07 INV E-126-07
	CBR de la mezcla material/suelo – cal (mezcla previa)	≥3%	INV E-148-07
MATERIALES GRANULARES	IP de la mezcla material granular cal (mezcla previa)	≤3%	INV E-125-07 INV E-126-07
	CBR de la mezcla material granular-cal (mezcla previa)	Según especificación de Subbase o Base de diseño, Norma IDU.	INV E-148-07

### 230.4.2

### Preparación de probetas

La elaboración de la mezcla, el curado y la evaluación de la resistencia se realizará de acuerdo con la norma de ensayo INV E-801-07.

**Tabla 230.5**

#### Condiciones de calidad de las capas estabilizadas con cal

Capa	Ensayo	Valor recomendado	Norma
Bases y Subbases granulares	Resistencia a la Compresión inconfiada	≥690KPa (0.69MPa) (100p.s.i)	INVE-801-07
Suelos de subrasante	Resistencia a la compresión inconfiada	≥345KPa (0.345MPa) (50p.s.i)	
Curado de mezcla con cal para Granulares y suelos de subrasante		Por 7 días	

### 230.4.3

### Curado de probetas

Una vez preparadas las probetas, se deben curar dentro de los moldes en la cámara húmeda, la cual debe ser capaz de mantener una temperatura de  $23.0 \pm 1^{\circ}\text{C}$  ( $73.4 \pm 2.0^{\circ}\text{F}$ ) y una humedad relativa no menor del 96%. El curado inicial se debe realizar por 24 horas o más si es necesario, para permitir la utilización del extractor de las probetas compactadas. Devuélvanse las probetas luego de extraídas, a la cámara húmeda y evítese que goteen durante el tiempo de curado. Generalmente las probetas son ensayadas a compresión en condición húmeda, inmediatamente después de ser removidas de la cámara. Para este proceso se debe consultar la norma de ensayo INVE-801-07.

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

Nota 4: Otros procedimientos de acondicionamiento en este punto de la preparación, como operaciones de remojo, secado al aire o al horno, humedecimiento y secado alternado, etc., pueden ser especificados después del curado inicial de la mezcla. Estos procedimientos deben ser indicados con detalle en el informe y deben tener el visto bueno del interventor.

#### 230.4.4 Determinación de la resistencia a la compresión inconfiada, RCI

- Las probetas para compresión inconfiada deben ser sumergidas por 4 horas en agua a temperatura entre 22 y 25°C antes de la prueba.
- La aplicación de carga para medir la resistencia a la compresión inconfiada debe hacerse a una tasa de aplicación de carga de 140 +/- 70 kPa/s (norma de ensayo INV E-809-07).
- El valor de la resistencia a la compresión inconfiada se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RCI = \frac{(4 * P)}{(\pi * d^2)}$$

Donde: RCI = resistencia a la compresión inconfiada, MPa  
P = carga máxima aplicada, N  
d = diámetro de la probeta, mm

#### 230.4.5 Ensayos complementarios

Una vez se tenga definida la mezcla de diseño se debe realizar el ensayo de Módulo Resiliente ya sea para suelos finos o granulares.

#### 230.5 EQUIPO

El equipo estará constituido por una máquina estabilizadora, elementos para la compactación adecuados para el material tratado, motoniveladora o recicladora, carro tanques para aplicar agua y el material para el riego de curado de la capa compactada (en bases estabilizadas), elementos de transporte y herramientas menores. En caso de que la estabilización incluya materiales transportados, el equipo deberá incluir también elementos para su explotación, cargue, transporte, eventual trituración y clasificación. Si la utilización de la capa existente en la vía está prevista, deberá contarse con elementos apropiados para su escarificación. Salvo autorización escrita del Interventor, la

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

motoniveladora no podrá emplearse en trabajos de mezcla sino únicamente en los de conformación.

Si los documentos del proyecto, en virtud de la magnitud de la obra, exigen la preparación de la mezcla en una planta, dichos documentos deberán establecer en detalle las características de la planta y el procedimiento para la ejecución de los trabajos.

## **230.6 TRABAJOS REQUERIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LOS**

La estabilización con cal considera básicamente el siguiente proceso constructivo:

- Pulverización del suelo
- Esparcimiento de cal
- Adición de agua y mezclado
- Compactación
- Curado

Para el proceso es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

### **230.6.1 Fase de experimentación**

Se debe realizar un tramo de prueba en el que se controla el volumen estabilizado, la dosificación, tiempo de homogeneización de la mezcla estabilizada, humedad óptima y densidad respecto al proctor estándar o modificado y la toma de muestras a los materiales que hacen parte del proceso para verificar las condiciones de diseño.

### **230.6.2 Preparación de la superficie existente**

La ejecución de los trabajos se realizará con cal hidratada mezclada con el material que se va a estabilizar (subrasante, subbase o base) en sitio o en planta. Es conveniente que la superficie que se va a mejorar no tenga sobretamaños o elementos extraños como materia orgánica, para lo cual se recomienda su remoción. El alistamiento de la superficie contempla la escarificación de la misma para que exista una mayor área de contacto superficial de suelo o material granular con la cal en el momento de la estabilización.

Si se emplea una recicladora para el proceso de estabilización este paso se omite, porque el equipo realiza la pulverización directamente.

Es conveniente realizar un premezclado del material que se va a estabilizar con la cal hidratada sin adición de agua, ésta solo se le adicionará cuando los dos anteriores se hayan integrado. Esto con el ánimo de una mezcla más homogénea.

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

### 230.6.3

#### Adición de cal

#### 230.6.3.1

##### Colocación de Cal granulada

La colocación de cal en el sitio de trabajo se puede realizar a granel en carros especiales para ello o esparcir manualmente en bultos de 50 kg. En esta última opción debe prever las condiciones de seguridad de los trabajadores que realizan la actividad de esparcimiento así como el cuidado necesario para que no queden residuos de las bolsas de empaque en la capa que se va a mejorar. Este proceso no es recomendable en días de viento intenso por la volatilidad de cal que se puede presentar.

La cantidad de cal necesaria para estabilizar el suelo se determina en laboratorio con anterioridad y se aplica en el terreno la fórmula de trabajo. Si la proporción de cal y suelo es apropiada el PH del suelo debe aumentar por encima de 10,5. Este valor se puede controlar en campo con ayuda de un peachimetro.

#### 230.6.3.2

##### Colocación de Lechada de Cal

Cuando el proceso de estabilización se realiza con lechada de cal se coloca directamente del carro o equipo (estabilizadoras) que realizará la operación. Igualmente se puede realizar el mezclado en un mezclador compacto con motor cargando agua a 70 p.s.i. y cal hidratada en una proporción agua:cal en peso aproximada de 65:35. Con este proceso queda realizada la lechada y lista para bombear en el sitio.

Si la lechada se elabora en planta el tanque se transporta en un remolque adaptado para ello tráiler convencional y se bombea en el sitio.

Las lechadas de cal contienen hasta un 42% de sólidos. Este porcentaje se puede verificar a través de un picnómetro para gravedad específica y así controlar que el porcentaje es uniforme a lo largo del proyecto.

Para este proceso se recomienda que la mezclada se realice después de cada pasada del distribuidor de la lechada para evitar pérdidas. Normalmente para cumplir la dosificación el distribuidor debe pasar de dos a tres veces. La dosificación se deberá controlar en campo.

### 230.6.4

#### Adición de agua

Durante el proceso constructivo se recomienda adicionar de 2 a 3% más de agua a partir del valor óptimo obtenido en el ensayo de proctor estándar o modificado según el caso. Esta condición aplica para los dos procesos de adición: en forma granulada o en forma de lechada. Cuando se tiene suelos con plasticidades muy altas (arcillas plásticas) se recomienda realizar el mezclado en dos etapas, de tal manera que exista entre una y otra una diferencia de 24 a 48 horas para permitir un fraguado inicial y facilitar la pulverización

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

de estas arcillas. Finalmente se debe dar el acabado final y compactar para evitar el la pérdida de agua por evaporación.

Una vez se logra la homogenización del material suelo-cal, se debe tomar el PH en campo. Esto es posible con un *peachimetro* que indique los valores por coloración, la mezcla será homogénea cuando el PH sea uniforme y tenga el valor mínimo estipulado en esta especificación.

### 230.6.5

#### Material granular de aporte en su totalidad

La construcción de la capa de material granular estabilizado con cal sólo será autorizada por el Interventor cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la calidad, densidad y las cotas indicadas en los documentos del proyecto o definidas por el Interventor, con las tolerancias establecidas.

Además, deberá estar concluida la construcción y/o colocación de obras y/o dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada que requieran ser construidos, previamente a la construcción de las capas granulares estabilizadas con cal

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la Sección 400 de las presentes especificaciones, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Constructor realizará las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

### 230.6.6

#### Material granular del sitio

Antes de iniciar el proceso de construcción de la capa de material estabilizado con cal, deberá comprobarse que el material que queda debajo del espesor por estabilizar presenta adecuadas condiciones de capacidad de soporte, densidad y espesor, siguiendo los procedimientos y requisitos que se indiquen en los documentos del Contrato.

Si estas condiciones no se cumplen, el constructor deberá efectuar las mejoras en los materiales de apoyo. El costo de las labores de mejoramiento de los materiales de apoyo o de modificaciones en el diseño de la estabilización se pagarán según otro ítem definido o acordado en el Contrato.

El material del sitio por estabilizar 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 estabilizada alcance el espesor señalado en los planos. Si se contempla la adición de un suelo de aporte para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente antes de iniciar la distribución de la cal.

### 230.6.7

#### en sitio

#### Pulverización y homogenización del agregado

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

En caso de requerirse, el agregado por estabilizar deberá ser pulverizado con una máquina estabilizadora; operación que se puede realizar simultáneamente con la adición de la cal, siempre y cuando la homogeneidad obtenida sea satisfactoria. Esta labor se ejecutará en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

El material granular se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. Si la capa se va a construir mediante combinación de varios agregados granulares, éstos deberán haber sido mezclados en la planta, por cuanto no se admite su combinación en la superficie de la vía; se exceptúa el caso en que se requiera mezcla de material de aporte con material del sitio, situación en la cual se puede efectuar la mezcla en el sitio. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Constructor empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique a la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material.

Una vez pulverizado y homogenizado, el agregado granular deberá conformarse a la sección transversal aproximada de la calzada, con el empleo de moto niveladora.

Para obtener mejores resultados en el proceso de mezclado se recomienda aplicar la cal y realizar el mezclado en dos pasadas. La primera pasada con la mitad de la proporción de cal determinada en el diseño y una vez terminado el tramo aplicar el resto de cal para completar el porcentaje total recomendado. Esto lo define el constructor con aprobación del interventor en función de los equipos y espesores a estabilizar.

La mezcla debe realizarse garantizando un mezclado completo y homogéneo. Una vez se tenga la mezcla integrada y se tomen las muestras que el interventor considere necesarias para el control de calidad, se inicia la compactación. Ésta se debe realizar con los equipos adecuados, si el suelo es arcilloso usualmente se emplea un compactador pata de cabra y si es granular se emplean equipos de cilindro liso.

El proceso completo no debe demorar más de cuatro horas desde el inicio de la preparación de la superficie hasta la compactación.

### **230.6.8**

#### **Producción de la mezcla en planta**

Las operaciones de almacenamiento, manejo de agregados en patio, transporte y la colocación en las tolvas de la planta, deberán efectuarse tomando todas las medidas necesarias para evitar segregaciones o contaminación de los mismos. Así mismo, el proceso de alimentación de las tolvas deberá buscar que el contenido de éstas se encuentre siempre entre el cincuenta y el cien por ciento (50% a 100%) de su capacidad, sin rebosar su capacidad máxima.

Los dispositivos de mezcla en la planta deben ser capaces de garantizar la completa homogenización de los componentes. El tiempo mínimo de mezclado se fijará de acuerdo con los resultados obtenidos en las primeras pruebas de elaboración de mezcla.

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

Se comenzará mezclando los agregados y la cal, añadiéndose posteriormente el agua y los aditivos (si los tiene), que irán disueltos en aquella. La cantidad de agua añadida a la mezcla será la necesaria para alcanzar la humedad fijada en la fórmula de trabajo, teniendo en cuenta la existente en el material granular, así como la variación del contenido de agua que se pueda producir por evaporación durante el transporte y la ejecución de los trabajos. La mezcla se proseguirá hasta obtener la completa homogenización de los componentes de la mezcla, dentro de las tolerancias fijadas. Se deberán tomar todas las medidas necesarias para evitar la emisión de material durante el proceso. Para el transporte de la mezcla fabricada en planta al sitio de colocación, se tomarán las debidas precauciones para reducir al mínimo la segregación y las variaciones de humedad. La mezcla podrá transportarse en camiones mezcladores o en volquetas; en este último caso, la mezcla se cubrirá siempre con lonas o cobertores adecuados para evitar emisión de partículas finas de cal.

### 230.6.9

### Compactación

La mezcla suelo-cal se debe compactar de acuerdo con la energía de compactación determinada en laboratorio y el porcentaje óptimo de agua del proctor estándar (suelo fino) o modificado (bases y Subbases granulares) según el tipo de material que se esté estabilizando.

Se debe cumplir con la densidad seca máxima de laboratorio de la mezcla suelo-cal. La compactación debe iniciar una vez termine la mezcla final previendo que no demore más de dos horas para evitar deshidratación acelerada de la mezcla. Si por alguna razón el proceso se demora más tiempo se recomienda realizar una compactación ligera y mantener la mezcla hidratada hasta por 4 días.

El equipo recomendado para esta etapa de la construcción es el compactador pata de cabra o de almohadillas y se puede finalizar la capa con compactador liso para un mejor acabado.

### 230.6.10 Curado

Una vez terminada la capa final o intermedia de la estabilización se debe conservar en curado con agua, en cuyo caso se necesitará compactación adicional cuando sea necesario o con emulsión asfáltica de rotura rápida durante siete días en una dosificación de 0,4 a 1,4 l/m<sup>2</sup>. Durante el tiempo de curado no se debe permitir el paso de vehículos sobre la capa estabilizada. Cuando el proceso de curado finaliza el equipo de transporte no debe dejar ahuellamiento ni señales de daños (fisuras).

## 230.7 RECEPCIÓN Y SELECCIÓN DE LA BASE ESTABILIZADA CON CAL

### 230.7.1 Control de calidad del producto terminado

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

Las condiciones para el recibo de los trabajos deberán cumplir de manera específica según el empleo del agregado, de acuerdo con las Secciones 320-10 y 400-10 de las presentes especificaciones.

- Rellenos: Sección 320-10
- Bases y Subbases: Sección 400-10
- Capa de material estabilizado con cal: Sección 230-10

### 230.7.2 Compactación

La compactación se realizará como se describe a continuación. Para el control de la calidad tanto en la producción como en el producto terminado de las capas granulares o subrasantes estabilizadas con cal, se considerará como "lote", que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Doscientos cincuenta metros lineales (250m) de capa estabilizada con cal compactada.
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m<sup>2</sup>) de capa estabilizada con cal compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no podrá ser inferior a la señalada en los planos; se verificará, además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada, no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730-07 "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro lineal. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote. Para el control de la compactación de una capa de subrasante, subbase o base estabilizada con cal, la densidad promedio de la muestra que representa al lote ( $D_m$ ), se deberá comparar con la máxima ( $D_e$ ), obtenida sobre una muestra representativa del mismo material

Si  $D_m - (k_{xs}) \geq 0,98 \times D_e$  Se acepta el lote

Si  $D_m - (k_{xs}) < 0,98 \times D_e$  Se rechaza el lote

Siendo:

$D_m$  Valor promedio de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno que integran la muestra que representa al lote.

$$D_m = \frac{\sum D_i}{n}$$

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

**D<sub>i</sub>** Resultado de un ensayo

**n** Número de ensayos de densidad en el terreno que integran la muestra.

**k** Factor que establece el límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de 90%, se encuentra la densidad en el terreno del lote. Este factor depende del número de ensayos (n) que integran la muestra y su valor se indica en la Tabla 5.

**s** Desviación Estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum (D_i - D_m)^2}{n - 1}}$$

**Tabla 230.6**  
**Valores del factor k**

<b>n</b>	5	6	7	8	9	10
<b>k</b>	0,685	0,602	0,544	0,500	0,465	0,437

**D<sub>e</sub>** Valor máximo de la densidad, obtenido según la norma de ensayo INV E-806-07 "Relaciones humedad-masa unitaria de mezclas de suelo-cal", realizado durante el diseño de la mezcla

La densidad de la capa compactada podrá ser determinada por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161-07, E-162-07 y E-164-07, que permita hacer la corrección por presencia de partículas gruesas, si el material lo requiere.

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 levantar la capa mediante fresado y reponerla, a costa y cargo suyo, a satisfacción plena del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

### 230.7.3 Espesor

El espesor se medirá en los sitios escogidos para el control de la compactación

El espesor medio de la capa compactada ( $e_m$ ) no podrá ser inferior al de diseño ( $e_d$ ):

$$e_m \geq e_d$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual ( $e_i$ ) deberá ser, como mínimo, igual al noventa y cinco por ciento (95%) del espesor de diseño, admitiéndose

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando ese valor no sea inferior al noventa (90%) del espesor de diseño ( $e_d$ ):

$$e_i \geq 0,95 e_d$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos trae como consecuencia el rechazo del lote.

#### 230.7.4 Lisura

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada, se comprobará con una regla de tres metros (3 m) de longitud, colocada tanto paralela como normalmente al eje de la vía, no admitiéndose variaciones superiores a quince milímetros (15 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente según el proyecto geométrico.

Todas las áreas de capas granulares estabilizadas con cal donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

#### 230.8 MEDIDA Y PAGO

El pago se hará por metro cúbico de capa granular o subrasante estabilizada con cal a los respectivos precios unitarios del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta Sección y aceptada a satisfacción por el Interventor.

Los precios unitarios deberán incluir la compensación total por el suministro en el lugar de la obra de todos los materiales requeridos para la construcción de la capa, incluido la cal y los aditivos (si se requieren) así como herramientas, equipos y la ejecución completa de los trabajos contratados, a satisfacción plena del Interventor.

El precio unitario de la capa de material granular estabilizado con cal deberá cubrir, además, los permisos y licencias de toda índole que sean requeridos para la obtención de los materiales, su transporte y la correcta ejecución de los trabajos, así como los costos de la fase de experimentación y los costos de todos los muestreos y ensayos, con excepción de aquellos ensayos considerados especiales para los cuales se establecen ítems de pago específicos o en las especificaciones particulares del proyecto; los costos del riego de curado y todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de los trabajos descritos en la presente Sección.

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 ítem de pago separado por este concepto. Si aquel ítem no está previsto en el Contrato suscrito, el Constructor igualmente deberá considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago de la presente Sección.

<b>SECCIÓN:</b> 230-11	<b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b> ESTABILIZACION CON CAL	<b>VERSIÓN</b> 1.0	 <b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</b> Instituto <b>Desarrollo Urbano</b>
<b>PROCESO</b> GESTIÓN ESTRATÉGICA	<b>ACTO ADMINISTRATIVO:</b>		

### 230.9 ÍTEMS DE PAGO

230.9.1 Capa Granular Estabilizada con Cal mezclada en la vía	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
230.9.2 Capa Granular Estabilizada con Cal mezclada en planta	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
230.9.3 Capa de Suelo subrasante estabilizada con cal in situ	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )

### 230.E Ensayos especiales para capas de material granular estabilizado con cal

230.E.1 Ensayo de Módulo Resiliente