


CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
420-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL	1	
PROCESO			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

Control de Revisiones


Versión	Revisión	Fecha	Descripción Modificación	Folios
4	1	2019-12-19	Generada a partir de la sección 230-11 de las IDU ET-2011 versión 3.0, A partir de la Resolución 10910 de 2019 se adoptan las especificaciones ET-IC-01 "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO EN BOGOTÁ D.C	8

El documento original ha sido aprobado mediante el SID (Sistema Información Documentada del IDU). La autenticidad puede ser verificada a través del código



Participaron en la elaboración¹	Ivan Alberto Caamano Murillo, DTE / Jairo Alexander Ibarra Trujillo, DTE / Jhonny Hernandez Torres, OAP / Nattalia Angelica Romero Hermosilla, DTE / Oscar Mauricio Velasquez Bobadilla, DTE / Roberto Carlos Aleman Lopez, OAP / Stefania Olivera Rios, DTE / Vicente Edilson Leal Moreno, DTE / Yuly Caterin Diaz Jimenez, DTE/
Validado por	Isauro Cabrera Vega, OAP Validado el 2019-12-16
Revisado por	Joanny Camelo Yopez, DTE Revisado el 2019-12-16
Aprobado por	Diana Maria Ramirez Morales, SGDU Aprobado el 2019-12-19


¹El alcance de participación en la elaboración de este documento corresponde a las funciones del área que representan

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
420-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL

CONTENIDO

		Pág.
420.1	ALCANCE	3
420.2	RESTRICCIÓN DE USO Y APLICACIÓN ACORDES AL DISEÑO	3
420.3	MATERIALES	3
420.4	REQUERIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	4
420.5	CONDICIONES DE ENTREGA PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS	7
420.6	MEDIDA	8
420.7	FORMA DE PAGO	8
420.8	ÍTEM DE PAGO	8

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
420-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

420.1 ALCANCE

La presente Especificación tiene como alcance definir los requisitos mínimos para la ejecución de procesos de modificación o estabilización de suelos de subrasante con cal, los que se pueden requerir para reducir contenidos altos de humedad, reducir plasticidad, control actividad o expansión de materiales, mejorar trabajabilidad o aumentar la resistencia.

420.2 RESTRICCIÓN DE USO Y APLICACIÓN ACORDES AL DISEÑO

Dependiendo del fin que se quiera alcanzar con el uso de la cal, el especialista en geotecnia debe definir el alcance y las condiciones del tratamiento a aplicar, con respecto a los efectos deseados ya sean incrementos de resistencia, reducción de plasticidad, mejora de trabajabilidad o reducción de humedad; definiendo las zonas del proyecto en que se debe usar apoyado en los resultados de los procesos de caracterización de la subrasante.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista de Obra debe presentar el diseño de la estabilización o mejoramiento propuesto, definiendo los alcances, proceso constructivo y restricciones de este, así como los criterios recomendados para la verificación de la efectividad de la medida propuesta.

El uso o aplicación de la cal solo debe ser permitido si existe un diseño que lo soporte en el cual se especifiquen función, aporte a la estructura, en caso de no existir diseño el Interventor debe solicitar un concepto técnico firmado por parte del especialista en geotecnia aprobado para el Contratista de Obra, quien debe diseñar y proponer los parámetros que permitan su verificación y recibo.

Bajo ninguna circunstancia se puede aprobar la aplicación de cal, sin contar con un diseño y/o concepto técnico previo en el que se propongan los parámetros de desempeño debidamente justificados y se pueda evidenciar la bondad del uso respecto a la alternativa de no usarla.


420.3 MATERIALES

420.3.1 Subrasante

Los suelos que se vayan a estabilizar o modificar con cal deben ser evaluados para garantizar la aplicabilidad del tratamiento propuesto, la Tabla 420.1 propone unas condiciones generales de referencia para la aplicación de cal en suelos de subrasante.

Tabla 420.1
Características generales de referencia de un material in situ para considerar su estabilización con cal

Parámetro	Norma de ensayo	Recomendación
Límite Líquido Mínimo (%)	INV E 125-13	≥40
Índice de plasticidad Mínimo (%)	INV E 126-13	>10
Material que pasa el tamiz N°4 Mínimo (%)	INV E 123-13	50

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
420-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL	1	
PROCESO			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

Parámetro	Norma de ensayo	Recomendación
Material que pasa el tamiz de 0.075mm Mínimo (%)	INV E 123-13	25
Material de diámetro de 0.002 mm Mínimo (%)	INV E 123-13	10
Proporción de sulfatos del material combinado, expresada como SO4 Máximo (%)	INV E 233-13	0.30%
Contenido de materia orgánica Máximo (%)	INV E 121-13	3

420.3.2 Cal

La cal que se vaya a aplicar debe cumplir con lo establecido en la Especificación 231. Si por alguna razón la cal ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no puede ser utilizada.

420.3.3 Agua

El agua que se vaya a utilizar debe ser potable, o agua reciclada industrial que cumpla con condiciones de calidad de la Resolución N° 1207 de 2014 del Ministerio de Ambiente y que esté libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales.

420.4 REQUERIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS


A continuación, se presentan los requerimientos generales que deben ser considerados durante el desarrollo de la estabilización o mejoramiento para garantizar un adecuado desarrollo de los trabajos, los que no reemplazan las recomendaciones particulares incluidas en el diseño realizado para la estabilización del sitio.

420.4.1 Fórmula de trabajo

Esta debe ser establecida como resultado del diseño de la mezcla y debe ser definida de acuerdo con el propósito previsto del uso de la cal, en la Tabla 420.2 se relacionan los aspectos mínimos a considerar.

Tabla 420.2
Aspectos mínimos a considerar para la fórmula de trabajo

Propósito de la adición	Aspectos a considerar
Reducción de contenidos altos de humedad	<ul style="list-style-type: none"> -Óptimo contenido de humedad deseado. -Tipo de cal y la proporción óptima a emplear. -Peso unitario seco máximo de referencia. -Porcentaje de compactación esperado para el material estabilizado.
Reducción plasticidad	<ul style="list-style-type: none"> -Índice de plasticidad final esperado. -Tipo de cal y la proporción óptima a emplear. -Contracción esperada en el material estabilizado. -Óptimo contenido de humedad deseado -Peso unitario seco máximo de referencia. -Porcentaje de compactación esperado para el material estabilizado.
Mejorar resistencia	<ul style="list-style-type: none"> -Condiciones de Resistencia esperadas después de la estabilización (Mr, K o CBR). -Durabilidad esperada de la mezcla.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
420-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL	1	
PROCESO			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

Propósito de la adición	Aspectos a considerar
	-Óptimo contenido de humedad deseado -Peso unitario seco máximo de referencia. -Porcentaje de compactación esperado para el material estabilizado.

420.4.2 Tramo experimental

Para garantizar un adecuado desempeño del proceso de estabilización o mejoramiento, se deben realizar verificaciones de la fórmula de trabajo, en tramos o secciones de prueba que son definidos de acuerdo con la magnitud del proyecto y lo establecido en el capítulo de Aspectos Generales; para el caso de proyectos pequeños el Interventor y el Contratista de Obra deben acordar la forma adecuada para realizar la verificación y ajuste del procedimiento constructivo.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante el tramo experimental. Si se observan variaciones significativas en los suelos por estabilizar, esta debe ser determinada nuevamente.

420.4.3 Aprestamiento del suelo

Con el fin de incorporar la cal a la subrasante en el espesor definido en el diseño, el suelo debe ser pulverizado en un área que pueda ser trabajada durante una jornada de trabajo, bajo ninguna circunstancia se permite preparar tramos que no se vayan a intervenir en la misma jornada. La preparación de la subrasante debe ser realizada, buscando la mayor uniformidad posible en los tamaños del suelo disgregado para garantizar un proceso de mezclado lo más parejo posible, motivo por el cual todo sobre tamaño o material extraño (escombro, materia orgánica) debe ser removido.

420.4.4 Aplicación de la cal


La cal debe ser aplicada siguiendo el procedimiento especificado en el diseño (polvo o en lechada), buscando cumplir las dosificaciones recomendadas.

Para el caso de cal en polvo se debe verificar que el contenido de humedad del suelo no cambie más del 1% de lo definido en la fórmula de trabajo. Adicionalmente, se debe ajustar la dosificación considerando posibles desperdicios y se debe verificar que se esparza uniformemente evitando concentraciones excesivas.

Para el caso de lechada el Contratista de Obra debe presentar al Interventor la dosificación de lechada a usar de acuerdo con el equipo a utilizar para la aplicación, especificando:

- Relación agua - cal.
- Porcentaje de sólidos.
- Litros de lechada requeridos por metro cuadrado, para satisfacer la dosificación.
- Incremento esperado en humedad respecto a la óptima (no debe ser superior al 2 %).
- Numero de pasadas requeridas de acuerdo con las características del equipo.

Si al momento de aplicar la lechada la humedad del suelo es superior a la óptima propuesta se debe considerar la bondad de aplicar la lechada.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
420-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

420.4.5 Mezclado

El proceso de mezclado debe ser realizado inmediatamente se esparza la cal ya sea en polvo o inmediatamente se aplique la lechada. La mezcla debe realizarse de tal forma que se logre el espesor de estabilización o modificación requerido por los diseños, de una forma homogénea sin exceder los límites de las humedades definidas en el numeral anterior.

420.4.6 Compactación

Se recomienda que la labor de compactación no se extienda más de dos horas después de haber realizado la mezcla. El proceso se debe realizar buscando conservar la humedad del material dentro de los rangos permisibles, adicionalmente se deben desarrollar las juntas que se requieran para empalmar las capas construidas en días diferentes.

En algunas situaciones por condiciones especiales del material por altos niveles de plasticidad en los que se decida realizar el proceso en dos etapas buscando unas condiciones óptimas de fraguado o mejor manejabilidad, o cuando se produzcan demoras, el tiempo puede ser mayor, para tal caso el especialista en geotecnia o pavimentos del constructor debe presentar para la aprobación del Interventor una propuesta de cómo se debe realizar el proceso que debe incluir justificación, tiempos, controles de calidad y medidas constructivas adicionales que se tener en cuenta.

420.4.7 Curado

Una vez se haya finalizado la compactación, la capa se debe proteger garantizando que su humedad se conserve durante al menos siete días, humedeciéndola frecuentemente hasta que la capa se proteja mediante la colocación del material que conforma la capa suprayacente.

420.4.8 Condiciones climáticas requeridas


La cal requiere de una temperatura mínima para que se dé el proceso de activación, motivo por el cual no puede ser colocada cuando la temperatura sea inferior a 7 °C. Tampoco puede ser instalada durante condiciones de lluvia, ni una vez finalice un fenómeno de precipitación, ya que se debe esperar a que la subrasante recupere su humedad de equilibrio. En caso de que durante el proceso de instalación llueva y no se haya podido compactar generándose humedades superiores a las tolerancias definidas previamente, el material debe ser retirado y reemplazado.

420.4.9 Control de Insumos y suelos

El control de la cal se efectúa siguiendo los controles propuestos en la Especificación 231.

El agua debe ser verificada en su pH y contenido de sulfatos si se considera que puede estar alterada.

Si se observa una variación significativa de los suelos respecto de los contemplados en el diseño de la mezcla, el Interventor debe ordenar la realización de los ensayos y verificación de los parámetros de la Tabla 420.1, en caso de encontrar diferencias significativas respecto de los suelos de diseño se debe ordenar el ajuste de la fórmula de trabajo.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
420-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL	1	
PROCESO			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

420.5 CONDICIONES DE ENTREGA PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

421.5.1 Controles generales

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor debe adelantar los siguientes controles principales:


- Verificar mediante ensayos de campo y laboratorio la calidad de los materiales y del procedimiento constructivo durante el desarrollo de la actividad.
- Comprobar las humedades durante el proceso de curado.
- Comprobar la compactación de todas las capas.
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie terminada.

421.5.2 Calidad de la mezcla

En la Tabla 420.3 se definen los controles para la verificación de la calidad de la mezcla, que deben ser aplicados de acuerdo con el tipo de mejoramiento propuesto.

Tabla 420.3
Controles para calidad de la mezcla

Ensayo	Norma de ensayo	Cantidad y frecuencia de ensayo		Criterio para la validación	
		Contratista de Obra	Interventor	Promedio muestras	Determinación Individual
Contenido de cal	INV E 606-13	2 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	±0.30% (respecto óptimo)	±0.50% (respecto promedio muestras)
Humedad	INV E 122-13	2 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	±1% (respecto óptimo)	±2% (respecto óptimo)
pH	INV E 131-13	1 cada 400 m ²	1 cada 400 m ²	≥pH diseño	≥pH diseño
Índice de plasticidad	INV E 126-13	1 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	≥IP diseño	≥ 90% IP diseño
Peso unitario seco máximo (γ_d)	INV E 605-13	1 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	≥95% γ_d diseño	≥ 90% γ_d diseño
Compresión inconfiada 7 días (Solo si es requerida en el diseño)	INV E 605-13	5 cada 800 m ²	2 cada 800 m ²	≥90% Resistencia diseño	≥85% Resistencia diseño
CBR (Solo si es requerida en el diseño)	INV E 148-13	1 cada 1600 m ²	1 cada 3200 m ²	≥95% CBR diseño	≥90% CBR diseño
Módulo resiliente (Solo si es requerida en el diseño)	INV E 156-13	1 cada 2400m ²	-	≥90% Mr diseño	≥88% Mr diseño
Prueba de placa (Solo si es requerida en el diseño)	INV E 168-13	1 cada 800m ²	1 cada 2400m ²	≥90% K diseño	≥85% K diseño

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
420-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CAL	1	
PROCESO			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

420.5.3 Calidad del producto terminado

En la Tabla 420. 4 se definen los controles para la verificación de la calidad de la capa terminada, que deben ser aplicados de acuerdo con el tipo de mejoramiento propuesto.

Tabla 420. 4
Controles para calidad del producto terminado

Ensayo	Norma de ensayo	Cantidad y frecuencia de ensayo		Criterio para la validación	
		Contratista de Obra	Interventor	Promedio muestras	Determinación Individual
% Compactación	INV E 161-13 INV E 162-13 INV E 164-13	3 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	≥95%	≥90%
Espesor	-	2 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	≥H diseño	≥90% H diseño
Planicidad	INV E 793-13	1 cada 70 m ²	1 cada 210 m ²	Irregularidad <15 mm	Irregularidad <15 mm

Además, debe cumplir con los lineamientos establecidos en los numerales de aseguramiento de la calidad de la Especificación 102.

420.6 MEDIDA

La unidad de medida es el metro cubico (m³) de subrasante estabilizada o modificada con cal compactada.

420.7 FORMA DE PAGO

El pago por la subrasante estabilizada o mejorada con cal se hace por metro cúbico, al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con la presente Especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario debe incluir los costos adquisición de la cal y agua, además debe incluir los costos relacionados con el uso de los equipos. Todo esto conforme a las disposiciones de la presente Especificación.

Dentro de lo anteriormente citado están implícitas las actividades relacionadas con el suministro en el sitio, acopio, desperdicios, cargues, descargues, escarificación y pulverización, mezcla, aplicación, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados, las actividades de conservación de la capa terminada, y en general, toda actividad relacionada con la correcta construcción de la capa, conforme a los requerimientos para la ejecución de los trabajos de esta Especificación.

420.8 ÍTEM DE PAGO

420.8.1 Subrasante estabilizada o modificada con cal (incluye suministro de la cal) Metro cúbico (m³)