

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

SECCIÓN 420-05

CAPAS DE MATERIAL GRANULAR ESTABILIZADO CON CEMENTO

420.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una capa constituida por material granular estabilizado con cemento Pórtland, de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical y a las secciones transversales típicas, dentro de las tolerancias estipuladas y de conformidad con todos los requisitos de la presente Sección.

La mezcla de material granular, cemento, agua y aditivos (si es el caso) se producirá en planta o en el sitio, según se indique en el respectivo Pliego de Condiciones.

Se definen tres clases de capas de material granular estabilizado con cemento, que se denominan Clase A (GEC_A), Clase B (GEC_B), Clase C (GEC_C) y Clase D (GEC_D). Las clases (A, B, C ó D) de capas de material granular estabilizado con cemento por emplear en cada caso se establecerán en los documentos técnicos del proyecto, en función de la importancia de la vía, del nivel de tránsito, del tipo de subrasante, del tipo de pavimento y de la posición de la capa dentro de la estructura del pavimento.

En la Tabla 420.1 se establecen las posibilidades de uso de las clases de capas de material granular estabilizado con cemento en función del tipo de pavimento y de los niveles de tránsito definidos en el numeral 107.11 de la Sección 107 en estas especificaciones:

Tabla 420.1
Uso de capas de materiales granulares estabilizados con cemento

Tipo de Capa	Categorías de Tránsito		
	T0 – T1	T2 – T3	T4 – T5
Pavimento Asfáltico			
Capa de Base	GEC_B, C ó D	GEC_B ó C	GEC_A ó B
Capa de Subbase	GEC_C ó D	GEC_C ó D	GEC_B ó C
Pavimento de Losas de Concreto de Cemento Pórtland			
Capa de Base	GEC_B ó C	NA	NA
Capa de Subbase	GEC_C ó D	GEC_C ó D	GEC_A, B ó C

NA = No Aplica. Para tránsitos medios y altos, la capa de base para pavimentos de losas de concreto de Cemento Pórtland requiere una mayor resistencia a la erosión que ofrecida por las capas de material granular estabilizada con cemento; por lo tanto, la base no puede ser de material granular estabilizado con cemento correspondiente a esta Sección.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

420.2 MATERIALES

420.2.1 Materiales granulares

Las capas que se construyan en acuerdo a esta Sección deberán estar constituidas por materiales de tipo granular en estado natural o por mezclas de agregados naturales con agregados provenientes de trituración de piedra de cantera o de grava natural. Todos los materiales granulares, independientemente de su procedencia, deberán encontrarse exentos de materias vegetales, basura, terrones de arcilla u otras sustancias incorporadas que puedan resultar ambientalmente nocivas o inconvenientes para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

Las características de los agregados pétreos que se empleen en la construcción de una capa granular estabilizada con cemento, en acuerdo con la presente Sección, deberán llenar los requisitos que se indican en la Tabla 420.2. En el caso de la estabilización de materiales granulares del sitio, las características de éstos serán las indicadas en los documentos técnicos y/o especificaciones particulares del proyecto.

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.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Tabla 420.2
Requisitos de los agregados para capas de material granular estabilizado con cemento

Ensayo		Norma de Ensayo	Clase de Material Granular para estabilizar con cemento			
			GEC_D	GEC_C	GEC_B	GEC_A
Petrografía						
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Reportar			
Dureza						
Desgaste Los Angeles (Gradación A)	- En seco, 500 revoluciones, % máximo	INV E-218	50	40	35	30
	- En seco, 100 revoluciones, % máximo		10 (RO)	8 (RO)	7 (RO)	6 (RO)
	- Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo (1)		70 (RO)	60 (RO)	55 (RO)	50 (RO)
	- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo		2 (RO)	2 (RO)	2 (RO)	2 (RO)
Micro Deval, % máximo (FT)	- Agregado Grueso	ASTM D-6928	45	35	30	25
10% de finos (RO)	- Valor en seco, kN mínimo	BS 812	30	40	50	60
	- Relación húmedo/seco, % mínimo	PART 111	50	65	70	75
Durabilidad						
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	INV E-220	18	18	18	18
Limpieza						
Límite Líquido, % máximo		INV E-125	35	25	25	25
Índice de Plasticidad, % máximo		INV E-126	12	6	3	No plástico
Equivalente de Arena, % mínimo		INV E-133	15 (RO)	20	20	25
Valor de Azul de Metileno, máximo		EN-933-9	15 (RO)	10	10	8
Terrones de arcilla y partículas delezables, % máximo		INV E-211	2	2	2	2
Geometría de las Partículas						
Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo	- 1 cara	INV E-227	NA	50	50	60
	- 2 caras			NA	NA	40
Índice de Aplanamiento, % máximo (2)		INV E-230	NA	NA	NA	35
Índice de Alargamiento, % máximo (3)		INV E-230	NA	NA	NA	35
Angularidad del Agregado Fino, % mínimo (RO)		AASHTO T-304	NA	NA	NA	35
Capacidad de Soporte						
CBR, % mínimo del material sin cemento - Referido al 95 % de la densidad seca máxima, según el ensayo INV E-142 (AASHTO T 180), método D, después de 4 días de inmersión.		INV E-148	10	30	60	75
Características Químicas						
Contenido de Sulfatos, SO ₄ ²⁻ , % máximo		INV E-233	0.5			
Reactividad Alkali - Agregado: Concentración SiO ₂ y reducción alcalinidad R		INV E-234	SiO ₂ < R cuando R ≥ 70 SiO ₂ < 35 + 0,5R cuando R < 70			

NA = No Aplica

RO = Reporte obligatorio del resultado del ensayo a partir de la fecha de expedición de estas especificaciones. Los valores de la tabla son indicativos y el resultado del ensayo no será empleado inicialmente como criterio de aceptación o rechazo en los casos donde aparece esta sigla; el IDU fijará la

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. Instituto DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

fecha a partir de la cual será requisito obligatorio, previa revisión de los valores sugeridos con base en el análisis de los resultados reunidos a esa fecha.

FT = Reporte obligatorio del resultado del ensayo partir de enero de 2007. Los valores de la tabla son indicativos y el resultado del ensayo no será empleado inicialmente como criterio de aceptación o rechazo; el IDU fijará la fecha a partir de la cual será requisito obligatorio, previa revisión de los valores sugeridos con base en el análisis de los resultados reunidos a esa fecha.

(1) El ensayo de desgaste en la Máquina de los Ángeles después de 48 horas de inmersión se hará con el material en condición saturada y superficialmente seca. Para ello, el material se retirará del recipiente de inmersión, se hará rodar sobre una toalla para secar su superficie y se someterá inmediatamente al ensayo de desgaste.

(2) Partículas planas son aquellas cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción.

(3) Partículas alargadas son aquellas cuya dimensión máxima (longitud) es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción.

El material granular deberá cumplir con alguna de las granulometrías de la Tabla 420.3, determinadas según la norma de ensayo INV E-213. La granulometría por cumplir en cada caso se establecerá en los documentos técnicos del proyecto; esa granulometría deberá ser cumplida tanto por el material listo para su extensión en obra como por el material compactado en el sitio.

Tabla 420.3
Granulometrías admisibles para la construcción de capas de material granular estabilizado con cemento

TIPO DE CAPA		TAMIZ (mm / U.S. Standard)								
		50.0	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
		2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
		% PASA								
Clase A	A_Gr1		100	76-100	66-90	44-68	28-52	19-39	7-21	2-8
	A_Gr2			100	79-100	48-74	31-55	16-37	6-20	2-8
Clase B	B_Gr1	100	70-100	55-85	50-80	40-70	30-60	17-50	5-30	2-15
	B_Gr2	-	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-50	10-30	2-15
	B_Gr3	-	-	100	70-100	50-80	35-65	25-50	15-30	2-15
Clase C	C_Gr1	100	70-100	60-100	50-90	40-80	30-70	20-55	10-40	2-20
	C_Gr2	-	-	100	70-100	60-100	50-85	40-70	20-45	2-25
Clase D	D_Gr1	100	-	-	-	-	40-80	-	-	2-35

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

En adición a los requisitos de granulometría, la relación de polvo (% pasa tamiz 0.075 mm/ % pasa tamiz 0.425 mm) no deberá exceder de 2/3.

420.2.2 Cemento

Los documentos del proyecto indicarán el tipo de cemento por emplear en la construcción de capas granulares estabilizadas con cemento. El cemento para la estabilización será del tipo Pórtland (I, II ó III), el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NTC 121 y NTC 321; los documentos técnicos del proyecto indicarán el tipo de cemento por emplear en el proyecto. Cuando existan cantidades peligrosas de sulfatos en los materiales por estabilizar, se deberá emplear un cemento resistente a ellos.

420.2.3 Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma ASTM D-1293, deberá estar comprendido entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y el contenido de sulfatos, expresado como SO_4^- y determinado según la norma ASTM D-516, no podrá ser superior a un gramo por litro (1 g/l). Se aceptará agua potable.

420.2.4 Producto de curado

El ligante asfáltico por emplear será una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida tipo CRR-1, la cual deberá cumplir las condiciones indicadas en el numeral 210.2.2 de la Sección 210 de las presentes especificaciones.

420.3 DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

El Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que deberá cumplir todas las exigencias establecidas en la presente Sección. El Constructor elaborará un informe detallado para aprobación del Interventor, en el cual presentará y sustentará la mezcla que pretende colocar en la obra, incluyendo la evaluación de los agregados, del cemento y de la fórmula de trabajo.

En la fórmula de trabajo se consignarán la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que ellos deben mezclarse, para obtener la granulometría establecida para la capa por construir. También se deberá indicar el porcentaje de cemento (aproximado a la décima) en relación con el peso de la mezcla.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del Interventor, no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en esta Sección. La fórmula aprobada sólo podrá modificarse durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Interventor.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

La fórmula de trabajo debe indicar, como mínimo, los siguientes requisitos de la mezcla:

- La identificación y la proporción (en peso seco) de cada fracción del material granular.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada.
- La identificación y dosificación (en peso o en volumen) de cemento, de agua y, eventualmente, de aditivos, que deben ser de la misma marca utilizada en las pruebas de laboratorio y en el tramo de prueba.
- La resistencia a la compresión inconfiada, a la tracción indirecta y las pérdidas en el ensayo de durabilidad
- La densidad de referencia del diseño (Proctor Estándar o Proctor Modificado)
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el pliego
- La densidad máxima y la humedad óptima correspondientes a la densidad de diseño.
- El plazo de trabajabilidad de la mezcla.
- Condiciones particulares de curado en obra.

El Constructor podrá ajustar la fórmula de trabajo siempre y cuando lo soporte debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos de laboratorio. En todo caso, se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla.

420.3.1 Densidad máxima de referencia

La densidad máxima de referencia para la construcción de las capas de material granular estabilizado con cemento será establecida en los documentos técnicos del proyecto, en función del tipo de material granular por estabilizar, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento y de la posición de la capa dentro de la estructura del pavimento. Todas las probetas necesarias para evaluar las propiedades de la mezcla se elaborarán a dicha densidad máxima de referencia; así mismo, los controles de compactación se efectuarán comparando las densidades obtenidas en el terreno contra ella.

Si los documentos técnicos del proyecto no indican otra cosa, la densidad máxima de referencia será la puesta en la Tabla 420.4.

Tabla 420.4
Densidad máxima de referencia para la construcción de materiales capas granulares estabilizados con cemento

Característica	Clase de Material Granular para estabilizar con cemento	
	GEC_C ó D	GEC_A ó B
Densidad Máxima de Referencia (densidad máxima correspondiente al ensayo de compactación indicado, efectuado sobre la mezcla)	Proctor Estándar INV E-141	Proctor Modificado INV E-142

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. Instituto DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

420.3.2 Resistencia

El contenido mínimo de cemento en capas construidas de material granular estabilizado con cemento será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en los documentos técnicos del proyecto; si éstos no indican otra cosa, los valores de resistencia serán los mostrados en la Tabla 420.5. En cualquier caso, dicho contenido no será inferior al tres por ciento (3%) en peso, respecto del total del material granular seco.

Tabla 420.5

Resistencias mínimas y máximas de mezclas de materiales granulares estabilizados con cemento

Característica	Clase de Material Granular para estabilizar con cemento		
	GEC_B, C ó D		GEC_A
	T0 – T1	T2 – T5	T4 – T5
Categorías de Tránsito			
Resistencia mínima a la compresión a 7 días, Mpa, Rd_min	2.5	2.5	4.5
Resistencia máxima a la compresión a 7 días, Mpa, Rd max	4.5	4.5	7.0
Resistencia mínima a la tracción indirecta, 7 días, MPa	-	0.25	0.45
Resistencia mínima conservada a la tracción indirecta, 7 días, %	-	75 (RO)	75

RO = Reporte obligatorio del resultado del ensayo a partir de la fecha de expedición de estas especificaciones. Los valores de la tabla son indicativos y el resultado del ensayo no será empleado inicialmente como criterio de aceptación o rechazo en los casos donde aparece esta sigla; el IDU fijará la fecha a partir de la cual será requisito obligatorio, previa revisión de los valores sugeridos con base en el análisis de los resultados reunidos a esa fecha.

420.3.3 Indicaciones particulares para ensayos de resistencia

420.3.3.1 Preparación de probetas

- a) Para la determinación de la resistencia se deben preparar 3 probetas por tipo de ensayo y por contenido de cemento: 3 para compresión inconfínada y 6 para tracción indirecta (3 para ensayo sin inmersión y 3 para ensayo con inmersión); se deben analizar al menos 3 contenidos de cemento.
- b) La preparación de probetas para determinación de la humedad óptima y la densidad máxima, así como para la determinación de las resistencias a tracción indirecta y compresión inconfínada, debe hacerse siguiendo en general los lineamientos de los métodos INV E-806 e INV E-809, con los ajustes que se indican a continuación.
- c) Para la preparación de las probetas, se debe sustituir el material retenido en el tamiz de 19.0 mm (3/4") por material que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4") y es retenido en el tamiz de 12.5 mm (1/2").

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

- d) El molde para la compactación tendrá un diámetro de 152.4 mm y una altura de 116.4 mm de altura; la compactación se realizará en 5 capas de igual espesor (25mm aproximadamente), aplicando los golpes por capa mediante un martillo de 4.536 kg de peso y 457 mm de caída.
- e) El número de golpes por capa será de 55, para la energía correspondiente Proctor Modificado, norma INV-142 (AASHTO T-180), y de 12, para la energía del Proctor Estándar norma INV E-.141 (AASHTO T-99).
- f) El agua debe añadirse después de mezclado el cemento con el agregado. Con el fin de simular las condiciones de construcción, la compactación se debe realizar una hora después de efectuada la mezcla del cemento y el agua. El material mezclado y sin compactar se debe colocar en un recipiente hermético para prevenir la pérdida de agua y se debe re-mezclar completamente cada 15 minutos.

420.3.3.2 Curado de probetas para ensayos de resistencia

- a) Si el material carece de suficiente cohesión, puede ser necesario dejar las probetas dentro del molde por 24 horas, permitiendo que desarrolle suficiente resistencia antes de su extracción.
- b) Las probetas deben curarse durante 7 días a una humedad relativa ente 95 y 100% y una temperatura entre 20 y 25oC en un cuarto húmedo o en bolsas de plástico selladas para retener la humedad.
- c) Para casos especiales, en los cuales se requiera tener con urgencia los resultados de resistencia, se puede emplear un método alternativo de curado en horno, colocando las probetas en bolsas plásticas selladas; el tiempo de curado será de 24 horas, para una temperatura de curado de 70 a 75oC, y será de 45 horas para una temperatura de curado de 60 a 62oC. Los resultados de resistencia obtenidos de las probetas curadas al horno se considerarán como preliminares; los resultados finales deberán obtenerse de probetas curadas a 7 días en cuarto húmedo.
- d) Después del curado, las probetas se deben sacar del cuarto de curado o de las bolsas plásticas; si se han curado en el horno, las probetas deben dejarse enfriar a la temperatura ambiente.

420.3.3.3 Determinación de la resistencia a la compresión inconfiada, RCI

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

$$RCI = (4 \times P) / (\pi \times d^2)$$

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

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

420.3.3.4 Determinación de la resistencia a la tracción indirecta, RTI

- a) La aplicación de carga para medir la resistencia a la tracción indirecta debe hacerse a una rata de deformación de 50.8mm/min en el eje diametral (norma de ensayo INV E-785).
- b) El valor de la resistencia a la tracción indirecta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RTI = (2 \times P) / (\pi \times h \times d)$$

Donde: RTI = resistencia a la tracción indirecta, MPa
P = carga máxima aplicada, N
h = altura promedio de la probeta, mm
d = diámetro de la probeta, mm

- c) Para determinar la resistencia a la tracción indirecta sumergida, las probetas se sumergen en agua a 25oC por 24 horas. Luego se sacan y se secan superficialmente antes de ensayarlas.
- d) La resistencia retenida a la tracción indirecta RTR es la relación entre la resistencia sumergida y la resistencia sin sumergir, expresada como porcentaje

$$RTR = RTI \text{ sumergida} / RTI \text{ sin sumergir} \times 100$$

420.3.4 Durabilidad

La mezcla de diseño definida como fórmula de trabajo deberá ser sometida a la prueba de durabilidad (humedecimiento y secado) según la norma de ensayo INV E-807, en la cual deberá registrar pérdidas no superiores al 14%.

420.3.5 Ensayos complementarios

Dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de los ensayos que se indican en la Tabla 420.6, ejecutados sobre muestras preparadas con el contenido óptimo de cemento y a la densidad de referencia, como complemento del diseño de la mezcla.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Tabla 420.6

Ensayos complementarios sugeridos para mezclas para capas granulares estabilizadas con cemento

PROPIEDAD	Número Mínimo de Probetas		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Compresión Inconfinada a los 28 días	2	3	3
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, sin sumergir	2	NA	NA
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, con inmersión	2	NA	NA
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 28 días, sin sumergir	2	3	3
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 28 días, con inmersión	2	3	3
Módulo de Rotura a los 28 días	-	2	3
Módulo Dinámico a los 28 días	-	-	2
Curva de Fatiga a los 28 días	-	-	4

NA = Ensayos básicos ya incluidos en la Tabla 420.5.

420.3.6 Tolerancias

Las tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo serán las indicadas en la Tabla 420.7, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en la especificación granulométrica correspondiente.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Tabla 420.7

Tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo para mezclas de materiales granulares estabilizados con cemento

Parámetro	Tolerancia, %
Tamaño Máximo	0
% pasa tamices > 4.75 mm (No 4)	+/- 6%
% pasa tamices ≤ 4.75 mm (No 4)	+/- 3%
Contenido de Finos: % pasa tamiz 0.075 mm (No. 200)	+/- 1.5%
Contenido de Cemento, respecto al peso seco del agregado	+/- 0.3%
Humedad de Compactación	-1.0 % / +0.5%

Nota: las tolerancias de los % que pasan en los tamices están referidas al peso seco de los agregados. La tolerancia de la humedad está referida a la humedad óptima.

420.4 EQUIPO

En adición a lo descrito en el numeral 107.2 de la Sección 107 del Capítulo 1, se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación.

420.4.1 Equipo para el procesamiento de los agregados

La planta de trituración estará provista, como mínimo, de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; deberá incluir, además, una clasificadora adecuada y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

420.4.2 Producción de la mezcla

Para la producción de la mezcla en el sitio, el equipo estará constituido básicamente por una máquina estabilizadora, elementos para la compactación, motoniveladora, carrotanques para aplicar agua y el material de curado de la capa compactada, elementos de transporte; así como herramientas menores. Si se especifica mezcla en planta, no se requerirá la máquina estabilizadora.

Salvo autorización escrita del Interventor, la motoniveladora no podrá emplearse en trabajos de mezcla sino únicamente en los de conformación.

En caso de que la estabilización incluya materiales transportados, el equipo deberá incluir también elementos para su explotación, cargues, transportes, eventual trituración y clasificación.

Si está prevista la utilización de la capa existente en la vía, deberá contarse con elementos apropiados para su escarificación.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

La mezcla de material granular estabilizado con cemento puede fabricarse también en una planta de mezcla de concreto hidráulico.

420.4.3 Equipos de transporte

Para el caso de mezcla en planta, el transporte de la mezcla de material granular estabilizado con cemento a la obra se podrá realizar en camiones mezcladores provistos de tambor giratorio cerrado con paletas internas, los cuales estarán equipados con cuentarrevoluciones. Deberán ser capaces de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.

También se podrán usar camiones abiertos tipo volquetas de descarga en el extremo, en el costado o en el fondo. Estos camiones deben cubrirse para evitar el secamiento o humedecimiento de la mezcla.

El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones vigentes sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio del Transporte (MT), la Secretaría de Tránsito y Transporte (STT) y el Departamento Administrativo del Medio Ambiente (DAMA).

420.5 REQUERIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

420.5.1 Fase de experimentación

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.11 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones.

420.5.2 Preparación de la superficie existente

420.5.2.1 Material granular de aporte en su totalidad

La construcción de la capa de material granular estabilizado con cemento 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 de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada que requieran ser construidos, previamente a la construcción de las capas granulares estabilizadas con cemento.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación respectiva, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Constructor realizará las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

420.5.2.2 Material granular del sitio

Antes de iniciar el proceso de construcción de la capa de material estabilizado con cemento, 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.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Si estas condiciones no se cumplen, se deberá consultar con el Diseñador sobre las medidas por tomar. Una vez definidos los ajustes, el Constructor deberá efectuar las mejoras en los materiales de apoyo o las modificaciones en el diseño de la estabilización necesarias para garantizar el cumplimiento de los requisitos de diseño; 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 o indicado por el Interventor. Si se contempla la adición de un suelo de aporte para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente antes de iniciar la distribución del cemento.

420.5.3 Mezcla en planta

420.5.3.1 Producción de la mezcla

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

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.

Se comenzará mezclando los materiales granulares y el cemento, añadiéndose posteriormente el agua y los aditivos, 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.

420.5.3.2 Transporte de la mezcla

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 camiones mezcladores o en volquetas; en este último caso, la mezcla se cubrirá siempre con lonas o cobertores adecuados

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

420.5.4 Mezcla en el sitio

420.5.4.1 Pulverización y homogenización del agregado

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 cemento, 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 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 motoniveladora.

420.5.4.2 Aplicación del cemento

El cemento podrá aplicarse en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el agregado pulverizado empleando el procedimiento aceptado por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, la humedad del suelo no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del suelo con el cemento. Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el material granular.

El cemento sólo podrá extenderse en la superficie que pueda quedar estabilizada y compactada en la jornada de trabajo.

420.5.4.3 Elaboración de la Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado, en todo el espesor establecido en los planos u ordenado por el Interventor. El número de pasadas dependerá del equipo utilizado y será el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se defina en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se añadirá el agua faltante y se continuará mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad. La humedad de la mezcla deberá ser la óptima del ensayo Proctor modificado (norma de ensayo INV E-806), con una tolerancia de menos uno a más 0.5 por ciento (-1 / +0.5 %).

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

420.5.5 Colocación y extensión de la mezcla

La colocación y la extensión de la mezcla se realizarán tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. El espesor de la capa antes de compactar deberá ser tal que, con la compactación, se obtenga el espesor previsto en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en esta Sección, teniendo en cuenta que, en ningún caso, se permitirá que se complemente el espesor en capas delgadas una vez iniciada la compactación.

Siempre que sea posible, el material granular estabilizado con cemento se extenderá en el ancho completo de la vía. De no ser posible, el material se extenderá por franjas longitudinales cuyo ancho será al menos el de un carril, comenzando por el borde inferior. El ancho de las franjas de extensión será tal que se realice el menor número posible de juntas y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta el ancho de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación vehicular y las características de los equipos de extensión y de producción de la mezcla.

El material se extenderá con motoniveladora en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación. En todo caso, la cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual. En este caso, se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control descritos en la presente Sección; además, para garantizar la adecuada liga entre las capas, la capa inferior deberá mantenerse húmeda hasta que se coloque la capa superior.

420.5.6 Prefisuración

Cuando los documentos técnicos del proyecto así lo indiquen, se efectuará una prefisuración de las capas granulares estabilizadas con cemento antes de iniciar su compactación. La prefisuración consistirá en la ejecución de juntas transversales en fresco. El diseño establecerá la distancia a la cual deben realizarse las juntas transversales en fresco; en general, la separación entre juntas estará comprendida entre tres y cuatro metros (3 a 4 m).

Se empleará el equipo y el método de ejecución aprobados por el Interventor, cuya eficacia haya sido comprobada después de la realización de la fase de experimentación.

420.5.7 Compactación y terminación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el procedimiento propuesto por el Constructor y aprobado en el Interventor durante la ejecución de la fase previa de experimentación.

El proceso de compactación deberá ser tal, que evite la formación de una costra o capa superior delgada, débilmente adherida al resto de la base estabilizada. En caso de que ella se produzca, deberá ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta, siempre y cuando el espesor reducido resultante cumpla con las tolerancias establecidas en el numeral 420.6.3.2; si después de eliminar esa

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

costra el espesor resultante no cumple con estas tolerancias, el tramo de capa estabilizada deberá ser removido y reconstruido.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. La compactación se realizará de manera continua y sistemática.

Los cambios de dirección de los equipos de compactación se realizarán sobre mezcla ya apisonada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo de los equipos de mezcla y compactación aprobados durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

Una vez terminada la compactación, la superficie deberá mantenerse húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

420.5.8 Juntas de trabajo

Se dispondrán juntas de trabajo transversales cuando el proceso constructivo se interrumpa por más de dos horas desde iniciada la mezcla y siempre al final de cada jornada. Así mismo, si la base estabilizada no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, deberán disponerse también, mediante un procedimiento aceptable para el Interventor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada

Las juntas de trabajo se realizarán de forma que su borde quede perfectamente vertical, aplicando a dicho borde el tratamiento que ordene el Interventor; este tratamiento puede consistir en la aplicación de una lechada de cemento inmediatamente antes de construir la franja adyacente.

420.5.9 Curado de la capa compactada

Una vez terminada la conformación y compactación de la base estabilizada con cemento, ésta deberá protegerse contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1, conforme se establece en la Sección 504 de las presentes especificaciones. Desde el momento de la terminación de la capa hasta la aplicación de la película bituminosa, la superficie de la capa granular estabilizada con cemento deberá mantenerse en condiciones húmedas.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro (24) horas después de terminada la compactación, la superficie de la base estabilizada deberá presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que garantice un curado adecuado.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

420.5.10 Restricciones de tránsito

En general, las capas granulares estabilizadas con cemento no deben abrirse al tránsito público; así mismo, debe restringirse al máximo el paso de vehículos de construcción sobre ellas.

En caso de ser indispensable permitir la circulación de vehículos, sólo podrán abrirse al tránsito público y al de los equipos de construcción a los siete (7) días de su compactación. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita al Interventor verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las áreas que deban ser objeto de corrección. Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Interventor definirá el instante de apertura definitiva de la capa compactada, al tránsito público.

420.5.11 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la realización de labores de construcción de capas granulares estabilizadas con cemento cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco grados Celsius (5°C), ni en condiciones de lluvia o cuando haya fundado temor de que ella ocurra. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia, la mezcla se podrá compactar siempre y cuando la humedad no supere en más de 1% la humedad óptima de compactación; si esta humedad es superada, el Constructor deberá, a su costa, retirar la mezcla afectada.

420.5.12 Conservación de la obra ejecutada

Si después de aceptada cualquier capa estabilizada con cemento, el Constructor demorare la construcción de la capa inmediatamente superior, por conveniencia o negligencia, deberá reparar, a su costa, todos los daños que se presenten en la capa y restablecer el mismo estado en el cual le fue aceptada.

420.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

Durante la ejecución del trabajo, se deberán adelantar los siguientes controles y comprobaciones:

420.6.1 Controles generales

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el buen estado y correcto funcionamiento de los equipos y herramientas empleados por el Constructor y ordenar el reemplazo inmediato de aquellos que, a su juicio, no permitan la correcta ejecución de los trabajos a que hace referencia esta Sección.
- Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en la presente Sección.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la ejecución de la fase de experimentación.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

- Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella resulte necesaria. El control de densidad se realizará en el espesor total de cada capa, de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.
- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie de la capa terminada.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.

420.6.2 Controles de producción de los agregados

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de aquellos agregados que, a simple vista, presenten trazas de tierra vegetal, materia orgánica, sustancias deletéreas o tamaños superiores al máximo especificado.

Además, se efectuarán las verificaciones periódicas de la calidad de los agregados que se indican en la Tabla 420.8:

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Tabla 420.8

Verificaciones periódicas sobre los agregados para capas granulares estabilizadas con cemento

Ensayo	Norma de Ensayo	Frecuencia	
Composición			
Granulometría	INV E-213	1 por jornada	
Dureza			
Desgaste Los Angeles (Gradación A)	- En seco, 500 revoluciones - En seco, 100 revoluciones - Después de 48 horas de inmersión 500 revoluciones	INV E-218	1 por mes
Micro Deval,	- Agregado Grueso (FT)	ASTM D-6928	1 por mes
10% de finos	- Seco y Húmedo	BS 812 PART 111	1 por mes
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos	INV E-220	1 por mes	
Limpieza			
Límite Líquido	INV E-125	1 por jornada	
Índice de Plasticidad	INV E-126	1 por jornada	
Equivalente de Arena	INV E-133	1 por semana	
Valor de Azul de Metileno	EN-933-9	1 por semana	
Terrones de arcilla y partículas deleznable	INV E-211	1 por semana	
Contenido de Materia Orgánica	INV E-212	1 por semana	
Geometría de las Partículas			
Partículas Fracturadas Mecánicamente	INV E-227	1 por jornada	
Índice de Aplanamiento	INV E-230	1 por semana	
Índice de Aplanamiento	INV E-230	1 por semana	
Características Químicas			
Contenido Sulfatos – SO ₄ ⁼	INV E-233	1 vez al mes	
Reactividad (SiO ₂ y R)	INV E-234	1 vez al mes	
Compactación			
Relaciones de Peso Unitario – Humedad,	numeral 420.3.3.1	1 por mes	

FT = Reporte obligatorio del resultado del ensayo partir de enero de 2007.

En el caso de mezclas de varios materiales, los controles se realizarán con el material mezclado y con la granulometría aprobada para el proyecto.

En ningún caso se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes de la presente Sección. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor impedirá el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

420.6.3 Control del cemento

Cada vez que lo considere necesario, el Interventor efectuará u ordenará la ejecución de los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Por ningún motivo se permitirá el empleo del cemento endurecido, mal almacenado o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

420.6.4 Control del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se verificará su pH y su contenido de sulfatos.

420.6.5 Control de calidad de la mezcla

420.6.5.1 Homogeneidad

Se controlará el aspecto de la mezcla, tanto para producción en planta como para producción en el sitio, rechazándose todas las mezclas segregadas y heterogéneas. Para producción en planta, esta verificación se efectuará en cada vehículo de transporte.

420.6.5.2 Humedad

La humedad se controlará al menos 4 veces por lote; se deberá tener información sobre la humedad al menos por cada 50 metros de carril en construcción.

420.6.5.3 Resistencia

Se comprobará la resistencia y otras propiedades mecánicas o de durabilidad de la mezcla, cuando éstas últimas apliquen, tomando muestras "in-situ" de la mezcla lista para compactar, una vez finalizado el proceso de mezcla y extensión. Las muestras se compactarán a la densidad de referencia correspondiente a la fórmula de trabajo.

Para efectos de aceptación o rechazo de la mezcla, se verificarán los resultados obtenidos de las pruebas de resistencia a la compresión confinada y a la tracción indirecta a los 7 días, ésta última cuando aplique. Los pliegos de condiciones podrán incluir otras pruebas mecánicas o de durabilidad como criterios de aceptación o rechazo.

Si el Pliego de Condiciones lo permite, el Constructor podrá comprobar la resistencia de un lote rechazado por medio de núcleos, según las indicaciones del numeral 420.6.5.3.3.

La resistencia a la compresión y a la tracción indirecta se determinarán según las indicaciones del numeral 420.3.3. La frecuencia mínima de muestreo deberá cumplir con las indicaciones dadas en la Tabla 420.9.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. Instituto DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Tabla 420.9

Muestreo para verificación de la resistencia en las mezclas para capas granulares estabilizadas con cemento

PROPIEDAD	MUESTRAS / PROBETAS	Número Mínimo de muestras por lote		
		T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Compresión Inconfinada a los 7 días	• Frecuencia muestreo	2	2	2
	• Número mínimo de muestras en el proyecto	2	3	5
	• Número de probetas por muestra	2	2	3
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, sin sumergir	• Frecuencia muestreo	-	2	2
	• Número mínimo de muestras en el proyecto	-	3	5
	• Número de probetas por muestra	-	2	3
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, con inmersión	• Frecuencia muestreo	-	2	2
	• Número mínimo de muestras en el proyecto	-	3	5
	• Número de probetas por muestra	-	2	3

Los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia serán aceptables si se cumplen los siguientes requisitos:

420.6.5.3.1 Resistencia mínima a la compresión inconfinada, a los 7 días

La resistencia promedio de todas las probetas correspondientes a un lote (R_m) deber ser igual o superior al porcentaje de la resistencia mínima de diseño (R_{d_min}) definido en la Tabla 420.10.

Tabla 420.10
Resistencia promedio a la compresión a los 7 días

Tránsito	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Porcentaje de la Resistencia Mínima de Diseño R_{d_min}	92	94	96

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. <small>Instituto</small> <small>DESARROLLO URBANO</small>
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

La resistencia de cada probeta (R_i) deber ser igual o mayor al noventa por ciento (90%) del valor medio, (R_m), admitiéndose, sólo un valor individual por debajo de ese límite, siempre y cuando el valor promedio de la muestra a la cual pertenece dicha probeta no sea inferior al noventa y tres por ciento (93%) del valor medio del lote (R_m):

$$R_i \geq 0.9 R_m$$

Si cualquiera de estos requisitos se incumple, se rechazará el lote al cual representan las muestras.

420.6.5.3.2 Resistencia mínima a la tracción indirecta, a los 7 días (para las categorías de tránsito que aplique)

La resistencia promedio sin sumergir de todas las probetas correspondientes a un lote (R_m) deber ser igual o superior al porcentaje de la resistencia de diseño definido en la Tabla 420.11.

Tabla 420.11
Resistencia promedio a la tracción indirecta a los 7 días, sin sumergir

Tránsito	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Porcentaje de la Resistencia de Diseño	92	94	96

La resistencia de cada probeta (R_i) deber ser igual o mayor al noventa por ciento (90%) del valor medio, (R_m), admitiéndose, sólo un valor individual por debajo de ese límite, siempre y cuando el valor promedio de la muestra a la cual pertenece dicha probeta no sea inferior al noventa y tres por ciento (93%) del valor medio del lote (R_m):

$$R_i \geq 0.9 R_m$$

Además, y en los casos que aplique de acuerdo con el numeral 420.3.2., la resistencia promedio después de inmersión en el lote no deberá ser inferior al 75% de la resistencia promedio sin sumergir en el lote.

Si cualquiera de estos requisitos se incumple, se rechazará el lote al cual representan las muestras.

420.6.5.3.3 Comprobación de la resistencia de un tramo por medio de núcleos

La evaluación de la resistencia de un lote no conforme por medio de núcleos se realizará, en caso dado, comparando los resultados de ensayos de resistencia a la compresión inconfiada y la tracción indirecta (cuando aplique) de núcleos extraídos de ese lote con los de núcleos extraídos de un lote aceptado. Este último deberá encontrarse lo más próximo posible y con unas condiciones de puesta en obra similares a las del lote no conforme.

El número de núcleos a extraer en cada uno de los lotes (aceptado y no conforme) deberá ser mínimo cuatro (4). La edad de rotura de los testigos, que será la misma para ambos lotes, será definida por el Interventor, pero no será superior a 28 días. Los núcleos deberán tener 15cm de diámetro.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Si los valores de resistencia promedio (compresión inconfiada y tracción indirecta, cuando aplique) obtenidos de los núcleos del lote aceptado no superan el 90% de los correspondientes valores de resistencia promedio a los 7 días obtenidos de las probetas de control elaboradas para ese lote, el procedimiento de comprobación por medio de núcleos no será válido y el lote no conforme que se pretendía verificar será rechazado.

El lote no conforme será aceptado si la resistencia media de los núcleos del lote no conforme es igual o superior al noventa y ocho por ciento (98%) de la resistencia media de los núcleos extraídos del lote aceptado, tanto para la compresión inconfiada como para la tracción indirecta, cuando aplique.

420.6.5.3.4 Resistencia máxima promedio a la compresión inconfiada

La resistencia promedio de las probetas correspondientes a un lote (R_m) no debe superar a la resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días máxima de diseño (R_{d_max}) en más de un 10% de ésta última; si la resistencia media del lote fuera superior a la máxima en más de un 10%, deberán tomarse las medidas de control de fisuras que se indiquen en los documentos técnicos del proyecto, para controlar el reflejo de fisuras en las capas superiores.

El tipo de medidas por tomar dependerá del tipo de pavimento y de la posición de la capa dentro del mismo. Si los documentos técnicos del proyecto no indican otra cosa, deberán ejecutarse juntas de contracción por aserrado a una distancia no superior a la indicada en el numeral 420.5.6 y de forma que no queden a menos de dos metros y medio (2,5 m) de grietas de retracción que se hayan podido formar.

420.6.5.3.5 Ensayos Complementarios

Dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de los ensayos que se indican en la Tabla 420.12, ejecutados sobre muestras seleccionadas por el Interventor y compactadas a la densidad de referencia correspondiente a la fórmula de trabajo.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. Instituto DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Tabla 420.12

Ensayos complementarios sugeridos para capas granulares estabilizadas con cemento

PROPIEDAD	Número Mínimo de Ensayos		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Compresión Inconfinada a los 28 días	2 (2)	3 (3)	4 (3)
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, sin sumergir	2 (2)	NA	NA
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 7 días, con inmersión	2 (2)	NA	NA
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 28 días, sin sumergir	1 (2)	2 (3)	4 (3)
Resistencia a la Tracción Indirecta a los 28 días, con inmersión	1 (2)	2 (3)	4 (3)
Módulo de Rotura a los 28 días	-	1 (2)	2 (3)
Módulo Dinámico a los 28 días	-	1 (1)	2 (2)
Curva de Fatiga a los 28 días	-	1 (4)	2 (4)

Nota: los valores entre paréntesis indican el número de probetas por ensayo.

NA = Ensayos básicos ya incluidos

420.6.6 Control de calidad del producto terminado

Para el control de la calidad tanto en la producción como en el producto terminado de las capas granulares estabilizadas con cemento, 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 cemento compactada.
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m²) de capa estabilizada con cemento 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 o la definida por el Interventor; 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.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

420.6.6.1 Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote, las cuales se efectuarán por algún método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162, E-163 y E-164. Los sitios para las tomas de muestras o mediciones in situ se elegirán al azar, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La densidad promedio del lote (Dm) deberá ser, como mínimo, el noventa y ocho por ciento (98%) de la densidad máxima de referencia obtenida en el ensayo compactación realizado durante el diseño de la mezcla (De):

$$Dm \geq 0.98 De$$

La densidad obtenida en cada ensayo individual (Di) que resulte inferior al noventa y ocho por ciento (98%) de la densidad de laboratorio (De), deberá ser, a su vez, igual o superior al noventa y siete por ciento (97%) del valor medio del lote (Dm); se admitirá sólo un (1) resultado por debajo de dicho límite, siempre y cuando ese valor no sea inferior al noventa y tres por ciento (93%) de la densidad de laboratorio (De):

$$Si Di < 0.98 De, Di \geq 0.97 Dm$$

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

420.6.6.2 Espesor

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

El espesor medio de la capa compactada (em) no podrá ser inferior al de diseño (ed):

$$em \geq ed$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (ei) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando ese valor no sea inferior al ochenta y cinco (85%) del espesor de diseño (ed):

$$ei \geq 0.9 ed$$

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

420.6.6.3 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.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Todas las áreas de capas granulares estabilizadas con cemento 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.

420.7 MEDIDA

La unidad de medida de la capa de material granular estabilizado con cemento será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material colocado y compactado, a satisfacción del Interventor. Cuando el cómputo de la fracción decimal de la obra aceptada resulte igual o superior a cinco décimas de metro cúbico ($\geq 0.5 m^3$) la aproximación al entero se realizará por exceso y cuando sea menor de cinco décimas de metro cúbico ($< 0.5 m^3$), la aproximación al entero se realizará por defecto.

El volumen de la capa de material granular estabilizado con cemento se determinará multiplicando la longitud real construida, medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y espesor mostrados en los documentos del proyecto o ajustados según los cambios ordenados por el Interventor. No se medirá, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites.

420.8 FORMA DE PAGO

El pago se hará por metro cúbico de capa granular estabilizada con cemento 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 el cemento 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 cemento 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 en el numeral 420.9 de la presente Sección 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.

INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO		
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

420.9 ÍTEMS DE PAGO

420.1 Capa Granular Estabilizada con Cemento clase GEC_ mezclada en la vía	Metro cúbico (m ³)
420.2 Capa Granular Estabilizada con Cemento clase GEC_ mezclada en planta	Metro cúbico (m ³)
420.E Ensayos especiales para capas de material granular estabilizado con cemento	
420.E.1 Módulo de rotura	Unidad
420.E.2 Módulo dinámico (3 frecuencias)	Unidad
420.E.3 Curva de Fatiga (4 puntos)	Unidad

NOTA: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente para cada clase de capa granular estabilizada con cemento que forme parte del contrato