



ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

Instituto
Desarrollo Urbano

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN
PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO
EN BOGOTÁ D.C.**

Especificaciones IDU-ET-2005

Capítulo 4
SUBBASES Y BASES

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

SECCIÓN 400-05

CAPAS GRANULARES DE BASE Y SUBBASE

400.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, extensión, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación de un material granular aprobado, el cual formará parte de la estructura de un pavimento; de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto, ajustándose a las cotas y 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.

Se definen tres clases de capas granulares para base, que se denominan Clase A (BG_A), Clase B (BG_B) y Clase C (BG_C); también se definen tres clases de capas granulares para subbase, que se denominan Clase A (SBG_A), Clase B (SBG_B) y Clase C (SBG_C). Los tipos (Base o Subbase) y clases (A, B o C) de capas granulares 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 pavimento y de la posición de la capa dentro de la estructura del pavimento.

Salvo que los documentos técnicos del proyecto establezcan otra cosa, la correspondencia entre las clases de capas granulares, el tipo de pavimento y las categorías de tránsito será la indicada en la Tabla 400.1.

Tabla 400.1
Correspondencia entre clases de capas granulares, el tipo de pavimento y las categorías de tránsito

Tipo de Capa	Categorías de Tránsito		
	T0 – T1	T2 – T3	T4 – T5
Pavimento Asfáltico			
Base Granular	BG_C	BG_B	BG_A
Subbase Granular	SBG_C	SBG_B	SBG_A
Pavimento de Losas de Concreto de Cemento Pórtland			
Base Granular	BG_B	BG_A	NA
Subbase Granular	SBG_C	SBG_B	SBG_A

NA = No Aplica. Para tránsitos T4 y T5, la capa de base para pavimentos de losas de concreto de Cemento Pórtland requiere una mayor resistencia a la erosión que ofrecida por las bases granulares; por lo tanto, la base no puede ser granular correspondiente a esta Sección.

400.2 MATERIALES

Las capas que se construyan en acuerdo a esta Sección deberán estar constituidas por materiales de tipo granular. Dependiendo de su uso y de lo que indiquen los documentos del proyecto, pueden

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

corresponder a materiales en estado natural o podrán estar compuestos 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 del pavimento.

La naturaleza de los materiales deberá ser tal que ellos puedan ser adecuadamente humedecidos y compactados para formar una capa firme y estable.

El uso parcial o total de escorias u otros productos inertes de desecho industrial o de materiales provenientes de capas recicladas de cualquier tipo en la construcción de una capa granular, deberá ser objeto de una Especificación Particular.

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.

400.2.1 Base Granular

Las características de los agregados pétreos que se empleen en la construcción de la base granular, en acuerdo con la presente Sección, deberán llenar los requisitos que se indican en la Tabla 400.2.

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 400.2
Requisitos de los agregados para bases granulares

Ensayo		Norma de Ensayo	Clase de Base Granular		
			BG_C	BG_B	BG_A
Petrografía					
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Reportar	Reportar	Reportar
Dureza					
Desgaste Los Angeles (Gradación A)	- En seco, 500 revoluciones, % máximo	INV E-218	35	30	30
	- En seco, 100 revoluciones, % máximo		7 (RO)	6 (RO)	6 (RO)
	- Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo (1)		55 (RO)	50 (RO)	45
	- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo		2 (RO)	2 (RO)	2
Micro Deval, % máximo	- Agregado Grueso (FT)	ASTM D-6928	30	25	20
10% de finos	- Valor en seco, kN mínimo - Relación húmedo/seco, % mínimo	BS 812 PART 111	60 (RO) 75 (RO)	75 (RO) 75 (RO)	100 75
Durabilidad					
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	INV E-220	18	18	18
Limpieza					
Límite Líquido, % máximo		INV E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, % máximo		INV E-126	3	No plástico	No plástico
Equivalente de Arena, % mínimo		INV E-133	25	25	25
Valor de Azul de Metileno, máximo		EN-933-9	8	8	8
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		INV E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas					
Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo	- 1 cara	INVE-227	60	85	85
	- 2 caras		40	60	60
Índice de Aplanamiento, % máximo (2)		INV E-230	35	35	35
Índice de Alargamiento, % máximo (3)		INV E-230	35	35	35
Angularidad del Agregado Fino, % mínimo (RO)		AASHTO T-304	35	35	35
Capacidad de Soporte					
CBR, % mínimo - Referido al 100 % 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	80	100	100

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 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;

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

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.

400.2.2 Subbase Granular

Las características de los agregados pétreos que se empleen en la construcción de la subbase granular, en acuerdo con la presente Sección, deberán llenar los requisitos que se indican en la Tabla 400.3.

Tabla 400.3
Requisitos de los agregados para subbases granulares

Ensayo		Norma de Ensayo	Clase de Subbase Granular		
			SBG_C	SBG_B	SBG_A
Petrografía					
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Reportar	Reportar	Reportar
Dureza					
Desgaste Los Ángeles (Gradación A)	- En seco, 500 revoluciones, % máximo - En seco, 100 revoluciones, % máximo - Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo (1) - Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo	INV E-218	40 8 (RO) 60 (RO) 2 (RO)	35 7 (RO) 55 (RO) 2 (RO)	35 7 (RO) 55 2
Micro Deval, % máximo	- Agregado Grueso (FT)	ASTM D-6928	35	30	30
10% de finos	- Valor en seco, kN mínimo - Relación húmedo/seco, % mínimo	BS 812 PART 111	40 (RO) 65 (RO)	50 (RO) 70 (RO)	60 (RO) 75 (RO)
Durabilidad					
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	INV E-220	18	18	18
Limpieza					
Límite Líquido, % máximo		INV E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, % máximo		INV E-126	6	3	3
Equivalente de Arena, % mínimo		INV E-133	20	20	20
Valor de Azul de Metileno, máximo		EN-933-9	10	10	10
Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo		INV E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas					
Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo	- 1 cara - 2 caras	INVE-227	NA NA	50 NA	50 30

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	

Ensayo	Norma de Ensayo	Clase de Subbase Granular		
		SBG_C	SBG_B	SBG_A
Índice de Aplanamiento, % máximo (2)	INV E-230	NA	NA	NA
Índice de Alargamiento, % máximo (3)	INV E-230	NA	NA	NA
Angularidad del Agregado Fino, % mínimo (RO)	AASHTO T-304	NA	NA	NA
Capacidad de Soporte				
CBR, % mínimo - 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	30	40	60

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 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.

400.2.3 Granulometría

El material de base o subbase granulares deberá cumplir con alguna de las granulometrías de la Tabla 400.4, 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 400.4

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

Granulometrías admisibles para la construcción de bases y subbases granulares

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								
Base	BG_Gr1	-	100	75-95	50-90	45-70	30-50	15-30	6-20	2-10
	BG_Gr2	-	-	100	75-95	50-80	35-60	20-40	8-22	2-10
Subbase	SB_Gr1	100	80-95	60-90	-	40-70	25-50	15-35	6-20	0-10
	SB_Gr2	-	100	75-95	60-85	45-75	30-55	20-40	6-25	0-12

En adición a los requisitos de la Tabla 400.4, la relación de polvo (% pasa tamiz 0.075 mm/ % pasa tamiz de 0.425 mm) no deberá exceder de 2/3 y el tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

400.2.4 Módulo Resiliente

Para tránsitos T4 y T5 se deberán medir y reportar los módulos resilientes para los materiales de base y subbase granulares, según la norma de ensayo AASHTO T-307; si los documentos técnicos del proyecto no indican otra cosa, el ensayo se efectuará sobre muestras elaboradas con la humedad óptima del Proctor Modificado (norma de ensayo INV E-142, método D), compactadas al 100% de la densidad seca máxima de mismo ensayo, en el caso de la base, o al 95% de esa densidad, en el caso de la subbase.

400.3 EQUIPO

En adición a lo descrito en la Sección 107.2 del Capítulo 1, se tendrá en cuenta lo que se indica en el presente numeral. El Constructor deberá poner a disposición de los trabajos de construcción de capas granulares equipos en tipo y número apropiados para la correcta ejecución del trabajo especificado en la presente Sección. Sin carácter limitante, debe disponer, entre otros, de los elementos que se mencionan a continuación.

400.3.1 Equipo para el procesamiento de los agregados

La planta de trituración estará provista, como mínimo, de una trituradora primaria y una trituradora secundaria (con excepción de la subbase clase C); 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.

400.3.2 Equipo de transporte

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

Los agregados pétreos se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deberán estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.

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).

400.3.3 Equipo para la extensión y mezcla de los materiales

El equipo para la extensión, mezcla y homogeneización de los agregados podrá estar conformado por motoniveladoras, recicladoras u otros elementos que no produzcan segregación y que resulten satisfactorios para el Interventor.

400.3.4 Equipo de compactación

Se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Constructor deberá poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. El equipo de compactación deberá contar con el visto bueno del Interventor, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado que impidan el cumplimiento de los requisitos de conservación de las propiedades de los agregados establecidas en el numeral 400.5.3.4.

400.3.5 Equipo accesorio

Estará constituido por los equipos requeridos para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo, así como un carrotanque irrigador y elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que las autoridades ambientales lo permitan. Además, se requieren herramientas menores para efectuar distribuciones y correcciones manuales localizadas durante la extensión de la mezcla.

400.4 REQUERIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

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

400.4.1 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.

400.4.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.10 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones

400.4.3 Preparación de la superficie existente

La colocación de una capa de material granular 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.

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.

400.4.4 Transporte y colocación de material

El Constructor deberá acarrear los materiales en vehículos aprobados para circular por las vías nacionales. Los vehículos deberán contar con dispositivos para depositar los materiales de modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Cualquier contaminación que se presente, deberá ser subsanada, a costa del Constructor, antes de proseguir el trabajo.

En el instante de depositar el material, la superficie existente se deberá encontrar suficientemente seca y compacta, para evitar que se produzcan ahuellamiento o desplazamientos en ella.

400.4.5 Extensión y mezcla del material

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 materiales, éstos deberán haber sido mezclados en la planta, por cuanto no se admite su combinación en la superficie de la vía. 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. Todas las operaciones de adición de agua se realizarán antes de la compactación del material.

Después de mezclado, el material se extenderá 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 100 milímetros ni superior a 200 milímetros. Si el espesor por

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

construir es superior a 200 milímetros, 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.

En la ejecución de operaciones de bacheo en áreas de reducida extensión, el Interventor definirá, dentro de los sistemas de extensión y mezcla que le proponga el Constructor, el que considere más adecuado.

400.4.6 Compactación

Una vez que el material de la capa granular tenga la humedad apropiada, se conformará y compactará con el equipo adecuado, acorde con los resultados del tramo de prueba, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo aprobado, se podrán compactar por otros medios, en forma tal que las densidades que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

400.4.7 Limitaciones en la ejecución

No se extenderá ninguna capa de material granular mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se permitirá la extensión ni la compactación del material en momentos en que haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción de capas granulares se realizarán en condiciones de luz diurna. El Interventor sólo podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, si el Constructor garantiza el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquél.

400.4.8 Apertura al tránsito

Sobre las capas granulares en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se distribuirá de forma tal que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Constructor deberá responder por los daños producidos por esta causa, debiendo proceder a la reparación de los mismos, a su costa, con arreglo a las indicaciones del Interventor.

400.4.9 Bacheos

Cuando se requiera realizar excavaciones para la reparación localizada de un pavimento asfáltico existente, se seguirá la especificación particular correspondiente; si no existe tal especificación, se seguirán las instrucciones del Interventor, quien podrá tomar como guía las siguientes indicaciones:

- a) Si la profundidad de ellas es superior a trescientos milímetros (300 mm), deberán rellenarse con material granular de Subbase hasta una profundidad de doscientos cincuenta milímetros (250 mm) por debajo de la rasante existente, material que deberá ser compactado con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad especificada. El material que se coloque sobre dicha capa deberá ser de Base granular y se colocará hasta una profundidad de setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

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

- b) Si la excavación tiene una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros y menor o igual a trescientos milímetros ($>150 \text{ mm}$ y $\leq 300 \text{ mm}$), ella se rellenará con material de Base granular hasta setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.
- c) En las excavaciones para la reparación de un pavimento existente, cuya profundidad sea menor o igual a ciento cincuenta milímetros ($\leq 150 \text{ mm}$), no se emplearán materiales granulares para su relleno.

Todo material granular colocado en estos rellenos deberá ser compactado hasta alcanzar la densidad especificada, según la profundidad a la cual se coloque. Las clases de material granular por emplear en la construcción de para Base y Subbase serán las establecidas en los documentos técnicos del proyecto o las indicadas por el Interventor.

400.4.10 Conservación de la obra ejecutada

Si después de aceptada cualquier capa granular, 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 la capa.

400.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

400.5.1 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 el numeral 400.2 de la presente Sección.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la ejecución del tramo de prueba durante la fase de experimentación.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.
- Verificar la granulometría, índice plástico, equivalente de arena, valor de azul y CBR de los materiales después de compactados.
- 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 de capa realmente construido, 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.

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

– Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.

400.5.2 Controles de producción

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, el Constructor deberá efectuar las verificaciones periódicas de la calidad de los agregados establecidas en la Tabla 400.5:

Tabla 400.5
Ensayos de verificación sobre los agregados para bases y subbases granulares

Ensayo		Norma de Ensayo	Frecuencia
Composición			
Granulometría		INVE-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 deleznales		INV E-211	1 por semana
Geometría de las Partículas			
Partículas Fracturadas Mecánicamente (1)		INVE-227	1 por jornada
Índice de Aplanamiento (1)		INV E-230	1 por semana
Índice de Aplanamiento (1)		INV E-230	1 por semana
Angularidad del Agregado Fino (1)		AASHTO T-304	1 por jornada
Compactación			
Relaciones de Peso Unitario – Humedad, equipo modificado (Proctor Modificado), método D		INVE-142	1 por semana
Capacidad de Soporte			
CBR		INV E-148	1 por mes

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

(1) Cuando aplique.

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

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

En ningún caso se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 400.2 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.

Adicionalmente, se comprobará la conservación de las propiedades de los agregados en las capas compactadas mediante los ensayos que se indican más adelante, en el numeral 400.5.3.4.

400.5.3 Control de calidad del producto terminado

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 granular compactada.
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m²) de capa granular 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. Se deberán adelantar las comprobaciones indicadas en las Tabla 400.6:

Tabla 400.6
Control de calidad del producto terminado

Característica	Base Granular	Subbase Granular
Compactación		
Número mínimo de determinaciones por lote	4	4
Ensayo para determinar la densidad seca de referencia Dr (Dr = densidad seca máxima del ensayo)	Proctor Modificado INV E-142 (AASHTO T-180)	Proctor Modificado INV E-142 (AASHTO T-180)
Densidad seca promedio del lote (Dp), % mínimo de Dr	100	95
Densidad seca mínima individual admisible (Dmi_a), % de Dp, para determinaciones individuales con densidad inferior a la densidad de referencia Dr (base granular) o al 95% de Dr (sub-base granular).	98, es decir, Si Di < Dr Di ≥ 0.98 Dp	98, es decir, Si Di < 0.95 Dr Di ≥ 0.98 Dp
Número máximo de resultados por lote con densidad inferior a Dmi_a	1, siempre y cuando sea ≥ 0.90 Dr	1, siempre y cuando sea ≥ 0.90 Dr
Espesor		
Número mínimo de determinaciones por lote	4	4
Espesor promedio del lote (Ep) con respecto al espesor de diseño (Ed)	≥ Ed	≥ Ed
Espesor mínimo individual (Emi), % mínimo de (Ed)	90	90
Número máximo de determinaciones individuales por lote con espesor inferior a Emi	1, siempre y cuando sea ≥ 0.85 Ed	1, siempre y cuando sea ≥ 0.85 Ed
Geometría		

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

Característica	Base Granular	Subbase Granular
Ancho: distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa con respecto a la señalada en los planos o la definida por el Interventor	Igual o mayor	Igual o mayor
Cotas: variación máxima absoluta en la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada con respecto a la proyectada, mm	20	20
Lisura: variación máxima de la superficie con respecto a la regla de referencia de 3m de largo, mm	15	20

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias mencionadas en la Tabla 400.6, así como las áreas en donde la capa granular presente agrietamientos o segregaciones, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, y a plena satisfacción del Interventor. Cuando la corrección requiera la reducción o adición de material en capas de poco espesor, para asegurar buena adherencia será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada.

400.5.3.1 Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada 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 cada 50 metros.

La densidad seca máxima de referencia D_r para el cálculo de cada porcentaje de compactación será la obtenida en el ensayo Proctor Modificado, según norma de ensayo INV E-142, previa la corrección por presencia de partículas gruesas, según norma de ensayo INV E-228, siempre que ella sea necesaria.

El incumplimiento de alguno de los requisitos establecidos en la Tabla 400.6 para la compactación implicará la obligación del Constructor de recompactar el lote hasta lograr las densidades especificadas.

El Constructor deberá rellenar todos los orificios o excavaciones realizadas para ejecutar los controles de calidad con un material igual al excavado y compactarlo cuidadosamente, a satisfacción del Interventor, sin que ello implique un reconocimiento adicional en valor por dicho trabajo

En las zonas de bacheos, se deberán satisfacer las mismas exigencias sobre compactación y espesor, pero se deja al Interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual dependerá del tamaño de las áreas tratadas.

400.5.3.2 Espesor

El espesor promedio de la capa compactada (E_p) se determinará sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación.

400.5.3.3 Lisura

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

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.

400.5.3.4 Conservación de propiedades

Se tomarán muestras de tamaño representativo del material colocado y compactado para verificar su calidad mediante los ensayos que se indican en la Tabla 400.7. Estas muestras se tomarán preferiblemente en los mismos sitios escogidos para el control de la compactación.

Tabla 400.7
Ensayos para verificar de la conservación de las propiedades

Ensayo	Norma de Ensayo	Frecuencia
Composición		
Granulometría	INV E-213	1 por semana
Limpieza		
Límite Líquido	INV E-125	1 por semana
Índice de Plasticidad	INV E-126	1 por semana
Equivalente de Arena	INV E-133	1 por semana
Valor de Azul de Metileno	EN-933-9	1 por semana

Los resultados de cada uno de los ensayos citados deberán satisfacer los límites establecidos para ellos en las Tablas 400.2 y 400.3; en el caso de la granulometría, no se admitirá que la curva exceda los límites de la franja que se esté aplicando. El incumplimiento de alguno de estos requisitos implicará el rechazo del lote objeto de control.

400.6 MEDIDA

La unidad de medida de la capa granular será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material granular suministrado, 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 se determinará con base en las secciones mostradas en los documentos del proyecto, ajustadas según los cambios ordenados por el Interventor, y la longitud real ejecutada, medida a lo largo del eje del proyecto.

Para operaciones de bacheo, el volumen se determinará multiplicando la superficie donde el Interventor haya autorizado el trabajo, por el espesor compacto promedio en que se haya colocado y aceptado el material.

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

No se medirán, con fines de pago, cantidades en exceso de las especificadas u ordenadas por el Interventor, especialmente cuando ellas se produzcan por sobre-excavaciones de la subrasante por parte del Constructor.

400.7 FORMA DE PAGO

El pago de las capas granulares se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta Sección y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario deberá incluir la compensación total por el suministro en el lugar de la obra de todos los materiales requeridos para la construcción de la capa, las herramientas, equipos y la ejecución completa de los trabajos contratados, a satisfacción plena del Interventor, así como los costos correspondientes a administración, imprevistos y utilidades del Constructor.

El precio unitario de la capa granular 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, los costos de la ejecución de la fase de experimentación, 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 400.8 de la presente Sección o en las especificaciones particulares del proyecto; 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 a ítem de pago separados por este concepto. Así mismo, si dicho 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.

400.8 ÍTEMS DE PAGO

400.1 Base Granular Clase, BG_	Metro cúbico (m ³)
400.2 Subbase Granular Clase, SBG_	Metro cúbico (m ³)
400.3 Bacheo con Base Granular Clase, BG_	Metro cúbico (m ³)
400.4. Bacheo con Subbase Granular Clase, SBG_	Metro cúbico (m ³)
400.E Ensayos y pruebas especiales para capas granulares	
400.E.1 Módulo Resiliente (5 presiones de cámara, 6 esfuerzos desviadores por presión de cámara)	Unidad

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

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	

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

Tabla 420.6

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		
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 BOGOTA 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

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	

SECCIÓN 440-05

CAPAS DE MATERIAL GRANULAR ESTABILIZADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

440.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una capa constituida por material granular estabilizado con emulsión asfáltica, 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, emulsión asfáltica, agua, llenante activo 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 emulsión asfáltica, que se denominan Clase A (GEEA_A), Clase B (GEEA_B) y Clase C (GEEA_C). Las clases (A, B o C) de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica 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 pavimento y de la posición de la capa dentro de la estructura del pavimento.

En la Tabla 440.1 se establecen las posibilidades de uso de las clases de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica 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 440.1
Uso de capas de materiales granulares estabilizados con emulsión asfáltica

Tipo de Capa	Categorías de Tránsito		
	T0 – T1	T2 – T3	T4 – T5
Pavimento Asfáltico			
Capa de Base	GEEA_A, B ó C	GEEA_A ó B	GEEA_A
Capa de Subbase	GEEA_B ó C	GEEA_B ó C	GEEA_A ó B
Pavimento de Losas de Concreto de Cemento Pórtland			
Capa de Base	GEEA_A ó B	NA	NA
Capa de Subbase	GEEA_B ó C	GEEA_B ó C	GEEA GEEA_A ó B

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 estabilizado con emulsión asfáltica; por lo tanto, la base no puede ser de material granular estabilizado con emulsión asfáltica correspondiente a esta Sección.

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

440.2 MATERIALES

440.2.1 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 emulsión asfáltica, en acuerdo con la presente Sección, deberán llenar los requisitos que se indican en la Tabla 440.2. 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 440.2
Requisitos de los agregados para capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica

Ensayo		Norma de Ensayo	Clase de Material Granular para estabilizar con emulsión asfáltica		
			GEEA_C	GEEA_B	GEEA_A
Petrografía					
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Reportar		
Dureza					
Desgaste Los Ángeles (Gradación A)	- En seco, 500 revoluciones, % máximo	INV E-218	50	40	35
	- En seco, 100 revoluciones, % máximo		10 (RO)	8 (RO)	7 (RO)
	- Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo (1)		70 (RO)	60 (RO)	55 (RO)
	- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo		2 (RO)	2 (RO)	2 (RO)
Micro Deval, % máximo (FT)	- Agregado Grueso	ASTM D-6928	45	35	30
10% de finos (RO)	- Valor en seco, kN mínimo	BS 812	30	40	60
	- Relación húmedo/seco, % mínimo	PART 111	50	65	75
Durabilidad					
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	INV E-220	18	18	18
Limpieza					
Límite Líquido, % máximo		INV E-125	35	25	25
Índice de Plasticidad, % máximo		INV E-126	7	6	3
Equivalente de Arena, % mínimo		INV E-133	15	20	8
Valor de Azul de Metileno, máximo		EN-933-9	10	10	10
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		INV E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas					
Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo	- 1 cara - 2 caras	INV E-227	NA	50 NA	70 50
Capacidad de Soporte					
CBR, % mínimo del material sin emulsión asfáltica - 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	15	30	60

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 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

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

inmersión, se hará rodar sobre una toalla para secar su superficie y se someterá inmediatamente al ensayo de desgaste.

El material granular deberá cumplir con alguna de las granulometrías de la Tabla 440.3, 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 440.3
Granulometrías admisibles para la construcción de capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica

TIPO DE CAPA		TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
		37.5	25.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
		1 1/2"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
		% PASA							
Clase A, B ó C	Gr1	100	70-100	50-80	45-75	30-60	10-27	5-18	3-15
	Gr2	-	100	60-90	50-80	30-60	10-27	5-18	3-15

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. Además, El producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

440.2.2 Materiales bituminosos

Para las capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica, ésta será una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, que corresponda a los tipos CRL-1 o CRL-1h,, compatible con los agregados pétreos, la cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el aparte 210.2.2 de la Sección 210 de las presentes especificaciones. Si se requiere una emulsión de diferentes características, ella deberá ser objeto de una especificación particular.

440.2.3 Llenantes activos

Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento Pórtland, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deberán establecer en una especificación particular.

En ocasiones también se adicionan llenantes con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica.

440.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto

Cuando se requieran, deberán ser propuestos por el Constructor y su tipo y dosificación deberán asegurar el cumplimiento del requisito de resistencia conservada de la mezcla, que se indica en el numeral 440.3. de esta Sección. Asimismo, el Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de

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

responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor o del Instituto de Desarrollo Urbano.

La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, deberán tener la aprobación del Interventor.

440.2.5 Agua

El agua requerida para el humedecimiento previo de los agregados pétreos estará libre de materia orgánica y de elementos químicos que dificulten el proceso de mezclado y el curado de la mezcla. Su pH, medido según norma ASTM D-1293, deberá estar entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y su contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, no deberá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l). El contenido de sulfatos se determinará de acuerdo con la norma ASTM D-516.

440.3 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 llenante activo y de los aditivos (si se requieren), del ligante asfáltico y de la fórmula de trabajo.

Además de las proporciones de mezcla de los agregados, se deberá indicar el porcentaje de ligante bituminoso (aproximado a la décima) y del llenante activo (si se requiere) en relación con el peso de la mezcla, y los porcentajes de aditivos, respecto del peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria.

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.

El Constructor también definirá la necesidad de prehumedecer el material preparado para la mezcla y determinará las humedades más apropiadas de mezcla y compactación. Estas pruebas se deberán complementar con ensayos mecánicos adecuados para el diseño de la mezcla.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

En todos los casos, la fórmula indicará:

- 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.
- El porcentaje de agua para mezcla y compactación, en relación con el peso seco del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión, en relación con el peso seco del componente mineral.

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

- La identificación y dosificación de llenante activo y de aditivos, si se requieren, que deben ser de la misma marca utilizada en las pruebas de laboratorio y en la fase de experimentación.
- La resistencia a la compresión inconfiada.
- La densidad máxima y la humedad óptima correspondientes a la densidad de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el pliego

440.3.1 Resistencia

Existen diferentes métodos de diseño para capas de material granular estabilizado con emulsiones asfálticas. La mezcla se puede diseñar por resistencia a la compresión inconfiada, por resistencia a la tracción indirecta o por módulo dinámico. Los documentos del proyecto pueden establecer, mediante especificación particular, los métodos de diseño y los criterios de selección del contenido óptimo de ligante.

Si los documentos técnicos no dicen otra cosa, para el diseño de la estabilización con emulsión asfáltica se utilizará el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738), aplicándose los siguientes criterios como guía para la selección del óptimo contenido de ligante en la mezcla:

- Resistencia de probetas curadas en seco ≥ 2000 KPa
- Resistencia conservada tras curado húmedo ≥ 75%

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo.

440.3.2 Ensayos complementarios

Adicionalmente, 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 440.4, ejecutados sobre muestras preparadas con el contenido óptimo de ligante asfáltico, 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 440.4
Ensayos complementarios sugeridos para capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica

PROPIEDAD	Número Mínimo de Probetas		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco	3	3	3
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo	3	3	3
Módulo Dinámico	-	1	2
Curva de Fatiga	-	4	4

440.3.3 Tolerancias

Las tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo serán las indicadas en la Tabla 440.5, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en la especificación granulométrica correspondiente.

Tabla 440.5
Tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo para mezclas de materiales granulares estabilizados con emulsión asfáltica

Parámetro	Tolerancia, %
Tamaño Máximo	0
% pasa tamices > 4.75 mm (No 4)	+/- 4%
% pasa tamices ≤ 4.75 mm (No 4)	+/- 3%
Contenido de Finos: % pasa tamiz 0.075 mm (No. 200)	+/- 1%

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.

440.4 EQUIPO

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

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

440.4.1 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.

440.4.2 Equipo de transporte de agregados

Los agregados pétreos se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deberán estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.

El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones 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).

440.4.3 Equipo para la mezcla de los materiales

La labor de mezcla adecuada de todos los ingredientes hasta su completa homogenización, se ejecutarán por medio de una máquina recicladora autopropulsada, a no ser que la mezcla se realice en planta. Para tránsitos T0 a T3, el Interventor podrá autorizar la mezcla con motoniveladora, siempre y cuando se obtenga una mezcla homogénea.

La recicladora deberá tener la posibilidad de introducir los aditivos líquidos de manera uniforme y precisa. Deberá, además, estar equipada con un tacómetro acoplado al control de la bomba de caudal variable, que asegure que el ligante sólo es adicionado cuando la máquina está en marcha. El sistema de medida debe incluir un totalizador que permita conocer la cantidad de producto bituminoso que se está utilizando en cualquier período y un medidor de caudal que indique la rata instantánea de flujo durante la operación de mezclado.

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

440.4.4 Equipo para la extensión, nivelación y compactación de los materiales

El equipo para la extensión y nivelación de la mezcla elaborada y homogenizada estará conformado por motoniveladoras.

Para la compactación, se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Constructor deberá poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. El equipo de compactación deberá contar con el visto bueno del Interventor. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha,

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

siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado.

440.5 REQUERIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

440.5.1 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.

440.5.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.10 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones.

440.5.3 Preparación de la superficie existente

440.5.3.1 Material granular de aporte en su totalidad

La construcción de la capa de material granular estabilizado con emulsión asfáltica 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 emulsión asfáltica.

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.

440.5.3.2 Material granular del sitio

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

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

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 material granular de aporte para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente antes de iniciar la distribución del ligante.

440.5.4 Mezcla en planta

440.5.4.1 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.

440.5.4.2 Transporte de la mezcla

La mezcla elaborada en la planta se transportará a la vía en volquetas hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar; la mezcla se cubrirá siempre con lonas o cobertores adecuados. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de la mezcla de manera adecuada. Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y la pérdida de humedad.

440.5.5 Mezcla en el sitio

Si la mezcla se va a efectuar con material de aporte, éste se transportará a la vía y se extenderá en el ancho y espesor adecuados que permitan que la capa luego de mezclada y compactada cumpla con las secciones indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor. Dicho material deberá cumplir con los requisitos establecidos en el aparte 440.2.1 de esta Sección.

Cuando en el proceso se incorpore el material granular existente, éste deberá ser pulverizado previamente hasta obtener una eficacia mínima del ochenta y cinco por ciento (85%) referida al tamiz de 9.5 mm (3/8") y del setenta y cinco por ciento (75%) referida al tamiz de 4.75 mm (No.4), entendiéndose por eficacia la relación entre el tamizado en seco en obra y el tamizado húmedo en laboratorio. Si el material es difícil de pulverizar en estado natural, la operación se puede facilitar con un humedecimiento previo, el cual no podrá rebasar la humedad óptima para la mezcla.

Inmediatamente antes de efectuar la mezcla con la emulsión, se incorporará el llenante activo, si se requiere; luego se verificará la humedad, y si fuere necesario un aumento de ella, se incorporará la cantidad debida de agua y se efectuará la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente, aproximadamente, la sección indicada en los planos u ordenada por el Interventor. A continuación, se aplicará la emulsión asfáltica por medio de un carro tanque irrigador con la dosificación y temperatura aprobadas por el Interventor, procediendo a la mezcla con el equipo aceptado hasta obtener un producto homogéneo, de color uniforme y exento de concentraciones de ligante.

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

Cuando se emplee una recicladora, una vez preparada la superficie existente o extendido uniformemente el material de aporte (y el llenante activo, si se requiere), las operaciones de pulverización, adición de agua, emulsión y aditivos (si se requieren), y la mezcla de los componentes se podrán efectuar en una sola pasada, regulando la velocidad de avance de la máquina y los caudales de agua y emulsión, de modo que la mezcla resulte homogénea y con las dosificaciones previstas en el diseño de la mezcla; si no se obtiene la homogeneidad adecuada con una sola pasada de la máquina, se requerirá la realización de más pasadas hasta obtener el producto apropiado.

440.5.6 Extensión de la mezcla

Después de las operaciones de mezcla y eventual transporte, la mezcla se extenderá o perfilará mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal, que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y cotas indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor. Es posible que los documentos técnicos del proyecto requieran en algunos casos que las mezclas elaboradas en planta deban extenderse con una terminadora asfáltica.

La extensión y compactación manual sólo se permitirá en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos de extensión y compactación.

En caso de que el espesor de diseño exceda de quince centímetros (15 cm), la construcción de la base deberá fraccionarse en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

440.5.7 Compactación de la mezcla

Una vez que se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de compactación, se realizará la compactación, mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el aparte 440.6.3.6.1. de esta Sección.

Si se considera necesario, se aplicarán riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa.

De ser preciso, se efectuará un perfilado final con motoniveladora, con el fin de obtener una pendiente transversal adecuada para el drenaje del agua superficial.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final deberá realizarse con equipo neumático para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora.

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

440.5.8 Apertura al tránsito

La capa podrá abrirse al tránsito no antes de 5 días de terminada la compactación, limitando la velocidad de los vehículos a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las primeras cuarenta y ocho (48) horas.

440.5.9 Curado de la capa compactada

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

Las capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material estabilizado y compactado sea inferior a uno por ciento (1%). Dicho período deberá ser, como mínimo, de diez (10) días, dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, el Constructor aplicará los riegos de protección que le solicite el Interventor, para prevenir el deterioro de la capa estabilizada por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se realizarán de acuerdo con la Sección 504 de estas especificaciones, excepto que las aplicaciones de emulsión no excederán de tres décimas de litro por metro cuadrado (0.3 l/m²) y que el agregado de protección no es requerido.

440.5.10 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se dispondrán de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se aplicará una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva.

Si se trabaja por franjas, se dispondrán juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas.

440.5.11 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de pavimento estabilizada con emulsión asfáltica en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido, a su costa, a plena satisfacción del Interventor.

440.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

440.6.1 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; el Interventor ordenará 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.
- 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 de capa realmente construido, 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.

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

- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.

440.6.2 Controles de producción de agregados de adición

Durante la etapa de producción de los agregados, se examinarán las descargas de los diferentes agregados 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.

Se vigilará, además, la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores. Se efectuarán las verificaciones de calidad que indica la Tabla 440.6.

Tabla 440.6
Verificaciones periódicas sobre los agregados

Ensayo		Norma de Ensayo	Frecuencia
Composición			
Granulometría		INVE-213	1 por jornada
Dureza			
Desgaste Los Ángeles (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 deleznales		INV E-211	1 por semana
Geometría de las Partículas			
Partículas Fracturadas Mecánicamente		INVE-227	1 por jornada

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

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.

440.6.3 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

440.6.3.1 Calidad del producto bituminoso

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

A la llegada de cada carrotanque con emulsión al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, así como los resultados de ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en el numeral 210.2.2 de la Sección 210 de las presentes especificaciones o las que se establezcan en la especificación particular que gobierne los trabajos.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, el Constructor efectuará las verificaciones exigidas en el numeral 210.5 de la Sección 210 de estas especificaciones. En todos los casos, se guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, en caso de que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 210.1 de la Sección 210 de las presentes especificaciones o en la especificación particular, según corresponda.

440.6.3.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua utilizada en la estabilización con emulsión asfáltica, el Interventor verificará u ordenará la verificación de su pH, su contenido de sulfatos y su contenido de materia orgánica, cuyos resultados deben satisfacer las exigencias del aparte 440.2.5 para permitir su empleo.

440.6.3.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte

El Interventor realizará u ordenará la realización de las pruebas para verificar la calidad de estos productos, cada vez que lo considere necesario. El incumplimiento de las especificaciones pertinentes de estos productos, implicará el rechazo del envío correspondiente.

440.6.3.4 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 440.6.3.6.

440.6.3.4.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se determinará el contenido de asfalto (INV E-732) y la granulometría de los agregados (INV E-782).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1%) con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$ARF\% - 1.0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1.0\%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor medio del lote (ART%) en más de uno por ciento (1.0%), admitiéndose sólo un (1) valor por fuera de este intervalo.

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

$$\text{ART}\% - 1.0\% \leq \text{ARI}\% \leq \text{ART}\% + 1.0\%$$

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa estabilizada.

440.6.3.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Las curvas obtenidas deberán encontrarse dentro de los límites indicados en el aparte 440.3.3 de la presente Sección.

Cuando los valores obtenidos incumplan este requisito, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas en el aparte 440.3. Si los requisitos allí indicados no resultan satisfactorios para el Interventor, se rechazará el lote al cual corresponda esa muestra.

440.6.3.5 Calidad de la mezcla

440.6.3.5.1 Resistencia

Con un mínimo de una (1) muestra por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (seis por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738). Tres (3) de ellas se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda.

La resistencia media de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) de la resistencia seca de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se aplicará para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0.9 R_t$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio correspondiente (R_m), admitiéndose sólo un (1) valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0.8 R_m$$

A su vez, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75%), sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa de material granular estabilizado con emulsión asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. Entre las opciones de corrección puede estar un reciclaje de esta capa, si con este proceso se puede obtener un producto que cumpla a satisfacción con los requisitos de la presente Sección.

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	

Adicionalmente, 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 440.7, ejecutados sobre muestras seleccionadas por el Interventor.

Tabla 440.7
Ensayos complementarios sugeridos para capas de material granular estabilizado con emulsión asfáltica

PROPIEDAD	Número Mínimo de Ensayos		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco	1 (3)	2 (3)	4 (3)
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo	1 (3)	2 (3)	4 (3)
Módulo Dinámico	-	1 (1)	2 (2)
Curva de Fatiga	-		2 (4)

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

440.6.3.6 Calidad del producto terminado

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 granular estabilizada con emulsión asfáltica
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m²) capa granular estabilizada con emulsión asfáltica
- 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 del proyecto y el borde de la capa estabilizada, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota definitiva de cualquier punto de la capa estabilizada no podrá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

440.6.3.6.1 Compactación

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

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cuatro (4) por lote, las cuales se efectuarán por alguno de los métodos descritos en las normas INV E-161 y E-164. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar, pero de manera que se realice al menos una prueba por cada 50 metros.

La densidad media del lote (Dm) deberá ser, como mínimo el noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima obtenida al compactar en el laboratorio con la cantidad óptima de ligante las probetas de referencia según la técnica del ensayo Proctor Modificado (De).

$$Dm \geq 0.95 De$$

A su vez, la densidad obtenida en cada medida individual (Di) que resulte inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad de laboratorio (De), deberá ser igual o superior al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad media del lote (Dm), admitiéndose sólo un (1) valor defectuoso por lote, siempre y cuando ese valor no sea inferior al noventa por ciento (90%) de la densidad de laboratorio (De):

$$\text{Si } Di < 0.95 De, Di \geq 0.97 Dm$$

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

Las comprobaciones de la compactación se realizarán cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación.

En caso de rechazo, la capa granular estabilizada con emulsión asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. Entre las opciones de corrección puede estar un reciclaje de esta capa, si con este proceso se puede obtener un producto que cumpla a satisfacción con los requisitos de la presente Sección.

440.6.3.6.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (em), el cual no podrá ser inferior al de diseño (ed).

$$em \geq ed$$

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

$$ei \geq 0.9 ed$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. Si el Interventor lo autoriza, las deficiencias en espesor pueden ser corregidas con mezcla asfáltica de las capas superiores; si la corrección queda hecha de forma satisfactoria a juicio del Interventor, la capa granular estabilizada con emulsión asfáltica se pagará según su espesor teórico pero no se medirá ni pagará la mezcla asfáltica empleada en la corrección.

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

440.6.3.6.3 Lisura

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

Todas las áreas de la capa granular estabilizada con emulsión asfáltica 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 satisfacción de éste.

440.7 MEDIDA

La unidad de medida de la capa de material granular estabilizado con emulsión asfáltica 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 emulsión asfáltica 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.

440.8 FORMA DE PAGO

El pago se hará por metro cúbico de capa de material granular estabilizado con emulsión asfáltica 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, 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 emulsión asfáltica 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 ejecución de la fase de experimentación y los costos de todos los muestreos y ensayos de caracterización, diseño y control, con excepción de aquellos ensayos considerados especiales para los cuales se establecen ítems de pago específicos en el numeral 440.9 de la presente Sección o en las especificaciones particulares del proyecto; y todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de los trabajos descritos en la presente Sección.

440.9 ITEM DE PAGO

440.1 Capa de Material Granular Estabilizado con Emulsión

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

- asfáltica Clase GEEA_ mezclada en la vía Metro cúbico (m³)
- 440.2 Capa de Material Granular Estabilizado con Emulsión
asfáltica Clase GEEA_ mezclada en planta Metro cúbico (m³)
- 440.E Ensayos especiales para capas de material granular estabilizado con emulsión
asfáltica Unidad
- 440.E.1 Módulo Dinámico (3 frecuencias, 1 temperatura) Unidad
- 440.E.2 Curva de Fatiga (4 puntos)

NOTA: Se deberá elaborar un ítem de pago diferente para cada clase de capa de material granular estabilizado emulsión asfáltica que forme parte del contrato

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

SECCIÓN 450-05

RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA O CON ASFALTO ESPUMADO

450.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la disgregación de las capas asfálticas y parte de la base granular de un pavimento existente, de acuerdo con las profundidades de corte señaladas en los documentos del proyecto o indicadas por el Interventor; la eventual adición de nuevos materiales pétreos, agua, mejoradores de adherencia, controladores de rotura, puzolanas y otros elementos de aporte; la incorporación de emulsión asfáltica o cemento asfáltico espumado; y la mezcla, extensión, compactación y curado de los materiales tratados, de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

450.2 MATERIALES

450.2.1 Agregados del reciclaje

Los agregados pétreos serán los resultantes de la pulverización mecánica de las capas de pavimento en el espesor indicado en el proyecto y ajustado por el Interventor cuando corresponda. La gradación será definida en los documentos técnicos del proyecto, en función de los materiales por reciclar; si los términos no indican otra cosa, la granulometría será la indicada en la Tabla 450.1.

Tabla 450.1
Granulometría admisible para reciclaje de pavimento asfáltico

Tamiz		Porcentaje que Pasa
mm	U.S. Standard	
37.5 mm	1 1/2"	100
25.0 mm	1"	75-100
19.0 mm	¾"	65-100
9.5 mm	3/8"	45-75
4.75 mm	No.4	30-60
2.00 mm	No 10	20-45
425 µm	No 40	10-30
75 µm	No.200	5-20

450.2.2 Agregados de adición

En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste deberá cumplir con las características de material de base granular (Sección 400, Tabla 400.2) o de sub-base granular (Sección 400, Tabla 400.3, Clase A ó B). Salvo que los documentos técnicos del proyecto indiquen otra cosa, se empleará material granular de sub-base clase A (SBG_A) para el material de adición.

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

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla, con el fin de evitar que el ligante tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes.

El producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm (No 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

450.2.3 Materiales bituminosos

Para los reciclajes en frío con emulsión asfáltica, ésta será de rompimiento lento, tipo CRL-1 cuyo residuo de destilación tenga una penetración 100-250, compatible con los agregados pétreos, la cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el aparte 210.2.2 de la Sección 210 de las presentes especificaciones. Si se requiere una emulsión de diferentes características, de efecto regenerante por ejemplo, ella deberá ser objeto de una especificación particular.

Para los reciclajes con cemento asfáltico espumado, el ligante será de penetración 80-100, compatible con los agregados pétreos, el cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el aparte 200.2.2 de la Sección 200 de las presentes especificaciones. Si se requiere un cemento asfáltico de diferentes características, éste deberá ser objeto de una especificación particular.

En cualquier caso, se prohíbe la adición de fluidificantes ligeros o crudos de petróleo para producir el reblandecimiento del asfalto del pavimento existente.

450.2.4 Llentantes activos

Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento Pórtland, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deberán establecer en una especificación particular.

En ocasiones también se adicionan llenantes con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica.

450.2.5 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto

Cuando se requieran, deberán ser propuestos por el Constructor y su tipo y dosificación deberán asegurar el cumplimiento del requisito de resistencia conservada de la mezcla, que se indica en el numeral 450.3. de esta Sección. Asimismo, el Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor o del Instituto de Desarrollo Urbano.

La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, deberán tener la aprobación del Interventor.

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

450.2.6 Agua

El agua requerida para el humedecimiento previo de los agregados pétreos estará libre de materia orgánica y de elementos químicos que dificulten el proceso de mezclado y el curado de la mezcla. Su pH, medido según norma ASTM D-1293, deberá estar entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y su contenido de sulfatos, expresado como SO_4^{2-} , no deberá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l). El contenido de sulfatos se determinará de acuerdo con la norma ASTM D-516.

450.3 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 (material molido y de adición), del llenante activo, del ligante asfáltico y de la fórmula de trabajo.

Además de las proporciones de mezcla de los agregados (si se requieren agregados de adición), se deberá indicar el porcentaje de ligante bituminoso (aproximado a la décima) en relación con el peso de la mezcla, y los porcentajes de aditivos, respecto del peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria.

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.

De acuerdo con el espesor de pavimento que deba procesarse en los trabajos, según lo establezcan los documentos del proyecto, el Constructor estimará la cantidad óptima teórica necesaria de ligante residual para la combinación de agregados y determinará el tipo y porcentaje de emulsión asfáltica o cemento asfáltico espumado y de los aditivos y otros elementos por incorporar, de modo de producir una mezcla cuya calidad sea comparable a una base estabilizada con emulsión asfáltica elaborada con agregados pétreos y ligante asfáltico nuevos.

Previamente a la definición del contenido de ligante, el Constructor establecerá la necesidad de incorporar agregados pétreos nuevos en la mezcla para corregir deficiencias granulométricas e indicará la proporción en que ellos deban intervenir.

El Constructor también definirá la necesidad de prehumedecer el material preparado para la mezcla y determinará las humedades más apropiadas de mezcla y compactación. Estas pruebas se deberán complementar con ensayos mecánicos adecuados para el diseño de la mezcla.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

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

En todos los casos, la fórmula indicará:

- La identificación y la proporción (en peso seco) de cada fracción del material granular, si se requieren agregados de adición.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada, si se requieren agregados de adición.
- El porcentaje de agua para mezcla y compactación, en relación con el peso seco del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión (o asfalto espumado), en relación con el peso seco del material reciclado y el componente mineral adicional si se requiere.
- La identificación y dosificación de llenante activo y de aditivos, si se requieren, que deben ser de la misma marca utilizada en las pruebas de laboratorio y en la fase de experimentación.
- La resistencia a la compresión inconfiada o a la tracción indirecta, según el caso.
- La densidad máxima y la humedad óptima correspondientes a la densidad de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el pliego

450.3.1 Resistencia

Existen diferentes métodos de diseño para reciclajes estabilizados con emulsiones asfálticas o asfaltos espumados. La mezcla se puede diseñar por resistencia a la compresión inconfiada, por resistencia a la tracción indirecta o por módulo dinámico. Los documentos del proyecto pueden establecer, mediante especificación particular, los métodos de diseño y los criterios de selección del contenido óptimo de ligante.

450.3.1.1 Reciclaje con emulsión asfáltica

Si los documentos técnicos no dicen otra cosa, para el diseño de reciclajes con emulsión asfáltica, se utilizará el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738), aplicándose los siguientes criterios como guía para la selección del óptimo contenido de ligante en la mezcla reciclada:

- Resistencia de probetas curadas en seco ≥ 2000 KPa
- Resistencia conservada tras curado húmedo ≥ 75%

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo.

450.3.1.2 Reciclaje con asfalto espumado

En el caso de reciclajes con asfalto espumado, se aplicarán los siguientes criterios para la preparación del espumado del asfalto:

- Relación de expansión ≥ 10
- Vida media (segundos) ≥ 10

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

Si los documentos técnicos no dicen otra cosa, para el diseño de reciclajes con asfalto espumado y establecer su contenido óptimo de asfalto, se utilizará el ensayo de tracción indirecta, de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-785, aplicándose los siguientes criterios como guía para la selección del óptimo contenido de ligante en la mezcla reciclada:

- Resistencia de probetas curadas en seco ≥ 250 kPa
- Resistencia conservada tras curado húmedo ≥ 50 %

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo.

450.3.1.3 Ensayos complementarios

Adicionalmente, 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 450.2, ejecutados sobre muestras preparadas con el contenido óptimo de ligante asfáltico, como complemento del diseño de la mezcla.

Tabla 450.2
Ensayos complementarios sugeridos para capas de reciclaje con productos bituminosos

PROPIEDAD	Número Mínimo de Probetas		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco (reciclaje con emulsión asfáltica)	3	3	3
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo (reciclaje con emulsión asfáltica)	3	3	3
Módulo Dinámico	-	1	2
Curva de Fatiga	-	4	4

450.4 EQUIPO

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

450.4.1 Equipo para el procesamiento de los agregados de adición

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.

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

Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

450.4.2 Equipo de transporte de agregados de adición

Los agregados pétreos se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deberán estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.

El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones 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).

450.4.3 Equipo para la disgregación del pavimento existente y mezcla de los materiales

Las labores de disgregación del pavimento existente y de mezcla adecuada de todos los ingredientes hasta su completa homogenización, se ejecutarán por medio de una máquina recicladora autopropulsada.

La recicladora debe ser capaz de disgregar el pavimento hasta la profundidad mostrada en los planos en una sola pasada, manteniendo una profundidad y ancho constantes y un perfil uniforme. Debe poder producir la gradación requerida.

La recicladora deberá tener la posibilidad de introducir los aditivos líquidos de manera uniforme y precisa. Deberá, además, estar equipada con un tacómetro acoplado al control de la bomba de caudal variable, que asegure que el ligante sólo es adicionado cuando la máquina está en marcha. El sistema de medida debe incluir un totalizador que permita conocer la cantidad de producto bituminoso que se está utilizando en cualquier período y un medidor de caudal que indique la rata instantánea de flujo durante la operación de mezclado.

450.4.4 Equipo para la extensión, nivelación y compactación de los materiales

El equipo para la extensión y nivelación de la mezcla elaborada y homogenizada estará conformado por motoniveladoras.

Para la compactación, se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Constructor deberá poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. El equipo de compactación deberá contar con el visto bueno del Interventor. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.

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

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado.

450.5 REQUERIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

450.5.1 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.

450.5.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados de adición

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.10 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones.

450.5.3 Remoción de obstáculos

Antes de proceder a la disgregación del pavimento, y si los documentos técnicos del proyecto así lo indican, se deberán demoler parcial y temporalmente las estructuras de servicios públicos ubicadas dentro del área de pavimento por reciclar, cubriendo adecuadamente los orificios resultantes, de manera que el proceso de reciclaje no afecte de manera adversa las estructuras, ni éstas produzcan daño a la máquina recicladora.

La profundidad de demolición de las estructuras será la necesaria para proporcionar una altura libre suficiente entre la tapa temporal de ellas y la superficie del pavimento existente, para permitir la operación libre y continua de la recicladora.

Las tapas temporales de las estructuras deberán asegurarse adecuadamente a ellas y deberán tener la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos generados durante el proceso de reciclaje.

La localización de las estructuras demolidas parcial y temporalmente deberá ser relacionada con precisión, de manera que una vez concluido el trabajo de reciclaje, ellas se puedan ubicar y reconstruir hasta el nivel definitivo de la rasante del pavimento.

Las actividades de demolición y reconstrucción de las estructuras de servicios públicos se pagarán de acuerdo con la especificación particular correspondiente.

450.5.4 Preparación de la superficie existente

También con antelación a la disgregación del pavimento, el Constructor deberá efectuar los bacheos en las zonas que le indique el Interventor, las cuales deberán corresponder a fallas de origen profundo que requieran corrección previa, con el fin de evitar deficiencias en el soporte de la capa reciclada. Las excavaciones deberán rellenarse con material de base granular hasta el nivel de la rasante existente, colocándolo y compactándolo en espesores que permitan obtener las densidades exigidas para dicho material en el aparte 400.5.3., Tabla 400.6, de la Sección 400 de las presentes especificaciones.

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

Inmediatamente antes de proceder a la pulverización del pavimento, se deberá barrer y/o soplar la superficie por tratar.

450.5.5 Disgregación del pavimento existente y eventual adición de agregados de adición

Empleando el equipo aprobado durante la fase de experimentación, el Constructor intervendrá el pavimento existente en el espesor de diseño o el ordenado por el Interventor, pulverizando la capa bituminosa existente y mezclándola, si es el caso, con parte de la base subyacente y/o con agregados de adición previamente depositados uniformemente sobre el pavimento; como resultado de dicho proceso, el material disgregado y mezclado deberá cumplir con la gradación establecida en el aparte 450.2.1.

Dependiendo de los resultados obtenidos, puede ser necesario que la operación de disgregación del pavimento existente deba ser completada antes de proceder a la adición y mezcla de nuevos materiales.

Todo sobretamaño que no haya sido reducido durante el proceso, será retirado y dispuesto en el sitio que haya autorizado el Interventor. Si el pavimento existente contiene geosintéticos dentro de la profundidad de reciclaje, el Contratista debe hacer los ajustes necesarios en la máquina de manera que éstos sean molidos en pedazos menores que 10cm; se deberá retirar todo pavimento procesado que contenga pedazos de geosintético de tamaño mayor a 10cm.

Si alguna sección de pavimento pulverizado debe ser abierta temporalmente al tránsito, deberá ser previamente compactada y conformada a satisfacción del Interventor.

450.5.6 Incorporación de llenantes, agua y producto bituminoso y elaboración de la mezcla

La aplicación de los llenantes (cemento Pórtland, cal, cenizas volantes) deberá comenzar inmediatamente después de la pulverización del pavimento y su eventual mezcla con el agregado de adición (si se requiere) y antes de incorporar el agua y el ligante asfáltico. Todos los ingredientes deberán ser aplicados uniformemente sobre la superficie por tratar, a las tasas definidas al estudiar la fórmula de trabajo. Añadidos los ingredientes en el orden citado, se efectuará su mezcla íntima con el mismo equipo utilizado para la pulverización.

Alternativamente, si la máquina recicladora es capaz de pulverizar el pavimento existente y mezclar simultánea y satisfactoriamente en una sola pasada todos los componentes, los llenantes y el agregado de adición (si se requiere) pueden ser aplicados uniformemente sobre el pavimento inmediatamente antes de su reciclado.

Durante la operación, la máquina recicladora debe aplicar el producto bituminoso de estabilización y el agua requerida para la compactación en las dosificaciones de diseño; la dosificación de ligante podrá ser variada dependiendo de las condiciones del pavimento existente, de manera que se garantice en todo momento la obtención de una mezcla que satisfaga los requisitos establecidos en el numeral 450.3.

Si la mezcla requiere aireación previa a la compactación, ella se realizará hasta que la mezcla alcance la humedad apropiada. En caso contrario, la mezcla se extenderá en el ancho y espesor definidos en los planos del proyecto u ordenados por el Interventor.

Las operaciones de mezcla se deben realizar en segmentos completos. Cada segmento deberá ser mezclado y compactado en la misma jornada de trabajo.

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

No se permitirán trabajos de reciclaje cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5°C) o en instantes en que haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. Toda mezcla afectada por las aguas lluvias será corregida por el Constructor si, a juicio del Interventor, ello resulta posible; en caso contrario, deberá ser removida y reemplazada por una de calidad equivalente, elaborada con materiales similares sobrantes del reciclado de otra zona del proyecto o con agregados de adición, sin que ello dé lugar a pago adicional por parte del Instituto de Desarrollo Urbano.

450.5.7 Extensión de la mezcla

Después de mezclado, el material reciclado se extenderá en una o varias capa de espesor uniforme que permitan 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 100 milímetros ni supere los siguientes valores:

- 200 milímetros, para reciclaje con asfalto espumado
- 150 milímetros, para reciclaje con emulsión asfáltica

Si el espesor por construir es superior a estos valores, el material se deberá colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual. En este caso, se deberá retirar provisionalmente la parte del material que constituirá la segunda capa mientras se extiende y compacta la primera de ellas; se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control descritos en la presente Sección.

450.5.8 Compactación de la mezcla

Extendida la mezcla, se procederá a su compactación en el instante y con el equipo y procedimiento aprobados durante la fase de experimentación, hasta lograr los niveles de compactación exigidos.

Si se considera necesario, se aplicarán riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa.

De ser preciso, se efectuará un perfilado final con motoniveladora, con el fin de obtener una pendiente transversal adecuada para el drenaje del agua superficial.

450.5.9 Apertura al tránsito

En el caso de reciclajes con emulsión asfáltica, la capa podrá abrirse al tránsito no antes de 5 días de terminada la compactación, limitando la velocidad de los vehículos a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las primeras cuarenta y ocho (48) horas.

En el caso de reciclajes con asfalto espumado, la capa podrá abrirse al tránsito terminada la compactación, limitando la velocidad de los vehículos a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las primeras cuarenta y ocho (48) horas.

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

450.5.10 Curado de la capa compactada

Las capas recicladas requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material reciclado y compactado sea inferior a uno por ciento (1%). Dicho período deberá ser, como mínimo, de diez (10) días en el caso de reciclajes con emulsión asfáltica y de cinco (5) días cuando se utilice cemento asfáltico espumado, dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, el Constructor aplicará los riegos de protección que le solicite el Interventor, para prevenir el deterioro de la capa reciclada por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se realizarán de acuerdo con la Sección 504 de estas especificaciones, excepto que las aplicaciones de emulsión no excederán de tres décimas de litro por metro cuadrado (0.3 l/m²) y que el agregado de protección no es requerido.

450.5.11 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se dispondrán de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se aplicará una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva.

Si se trabaja por franjas, se dispondrán juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas.

450.5.12 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de pavimento reciclado en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido, a su costa, a plena satisfacción del Interventor.

450.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

450.6.1 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; el Interventor ordenará 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 de capa realmente construido, 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.

450.6.2 Controles de producción de agregados de adición

Durante la etapa de producción de los agregados de adición, si estos se requieren, se examinarán las descargas de los diferentes agregados 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. También, se deberán acopiar por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad.

Se vigilará, además, la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores. Se efectuarán las verificaciones de calidad que indica la Tabla 450.3.

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 450.3
Verificaciones periódicas sobre los agregados de adición

Ensayo		Norma de Ensayo	Frecuencia
Composición			
Granulometría		INVE-213	1 por jornada
Dureza			
Desgaste Los Ángeles (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 deleznales		INV E-211	1 por semana
Geometría de las Partículas			
Partículas Fracturadas Mecánicamente		INVE-227	1 por jornada
Índice de Aplanamiento		INV E-230	1 por semana
Índice de Aplanamiento		INV E-230	1 por semana
Angularidad del Agregado Fino		AASHTO T-304	1 por jornada

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

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.

450.6.3 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

450.6.3.1 Calidad del producto bituminoso

Si el reciclaje se realiza con emulsión asfáltica, a la llegada de cada carrotanque con emulsión al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, así como los resultados de ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en el numeral 210.2.2 de la Sección 210 de las presentes especificaciones o las que se establezcan en la especificación particular que gobierne los trabajos.

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

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, el Constructor efectuará las verificaciones exigidas en el numeral 210.5 de la Sección 210 de estas especificaciones. En todos los casos, se guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, en caso de que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 210.1 de la Sección 210 de las presentes especificaciones o en la especificación particular, según corresponda.

Cuando el reciclaje se realice mediante la técnica del cemento asfáltico espumado, a la llegada de cada carrotanque con cemento asfáltico al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante del producto, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de asfalto, así como los resultados de ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en el numeral 200.2.2 de la Sección 200 de las presentes especificaciones o las que se establezcan en la especificación particular que gobierne los trabajos.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, el Constructor efectuará las verificaciones exigidas en el numeral 200.5 de la Sección 200 de estas especificaciones. En todos los casos, se guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, en caso de que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 200.1 de la Sección 200 de las presentes especificaciones o en la especificación particular, según corresponda.

Además, se realizarán las pruebas para verificar la relación de expansión y la vida media del asfalto espumado.

450.6.3.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua utilizada en el reciclaje en el sitio con ligantes bituminosos, verificará u ordenará la verificación de su pH, su contenido de sulfatos y su contenido de materia orgánica, cuyos resultados deben satisfacer las exigencias del aparte 450.2.6 para permitir su empleo.

450.6.3.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte

El Interventor realizará u ordenará la realización de las pruebas para verificar la calidad de estos productos, cada vez que lo considere necesario. El incumplimiento de las especificaciones pertinentes de estos productos, implicará el rechazo del envío correspondiente.

450.6.3.4 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 450.6.3.6.

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

450.6.3.4.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se determinará el contenido de asfalto (INV E-732) y la granulometría de los agregados (INV E-782).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1%) con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF%). Dicho porcentaje incluye tanto la cantidad de ligante aportada por la emulsión o el cemento asfáltico espumado, como la suministrada por la estructura que se recicla.

$$ARF\% - 1.0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1.0\%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor medio del lote (ART%) en más de uno por ciento (1.0%), admitiéndose sólo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$$ART\% - 1.0\% \leq ARI\% \leq ART\% + 1.0\%$$

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa reciclada.

450.6.3.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Las curvas obtenidas deberán encontrarse dentro de los límites indicados en el aparte 450.2.1 de la presente Sección.

Cuando los valores obtenidos incumplan este requisito, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión o asfalto espumado que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas en el aparte 450.3. Si los requisitos allí indicados no resultan satisfactorios para el Interventor, se rechazará el lote al cual corresponda esa muestra.

450.6.3.5 Calidad de la mezcla

450.6.3.5.1 Resistencia

Con un mínimo de una (1) muestra por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (seis por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738) cuando el reciclaje se ejecute con emulsión asfáltica o en el ensayo de tensión indirecta (INV E-785) cuando se realice con asfalto espumado. Tres (3) de ellas se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda.

La resistencia media de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (Rm) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) de la resistencia seca de la mezcla definitiva de trabajo (Rt). Un criterio similar se aplicará para las probetas sometidas a curado húmedo.

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

$$R_m \geq 0.9 R_t$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio correspondiente (R_m), admitiéndose sólo un (1) valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0.8 R_m$$

A su vez, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %) en las mezclas elaboradas con emulsión asfáltica y el cincuenta por ciento (50%) en las elaboradas con asfalto espumado, sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa de pavimento reciclado correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. Entre las opciones de corrección puede estar un nuevo reciclado de esta capa, si con este proceso se puede obtener un producto que cumpla a satisfacción con los requisitos de la presente Sección.

Adicionalmente, 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 450.4, ejecutados sobre muestras seleccionadas por el Interventor.

Tabla 450.4
Ensayos complementarios sugeridos para capas de reciclaje con productos bituminosos

PROPIEDAD	Número Mínimo de Ensayos		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco (reciclaje con emulsión asfáltica)	1 (3)	2 (3)	4 (3)
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo (reciclaje con emulsión asfáltica)	1 (3)	2 (3)	4 (3)
Módulo Dinámico	-	1 (1)	2 (2)
Curva de Fatiga	-		2 (4)

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

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

450.6.3.6 Calidad del producto terminado

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 pavimento reciclado en frío en el lugar
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m²) de pavimento reciclado en frío en el lugar
- 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 del proyecto y el borde de la capa que se recicla, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota definitiva de cualquier punto de la capa reciclada no podrá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

450.6.3.6.1 Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cuatro (4) por lote, las cuales se efectuarán por alguno de los métodos descritos en las normas INV E-161 y E-164. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar, pero de manera que se realice al menos una prueba por cada 50 metros.

La densidad media del lote (Dm) deberá ser, como mínimo el noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima obtenida al compactar en el laboratorio con la cantidad óptima de ligante las probetas de referencia según la técnica del ensayo Proctor Modificado (De).

$$Dm \geq 0.95 De$$

A su vez, la densidad obtenida en cada medida individual (Di) que resulte inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad de laboratorio (De), deberá ser igual o superior al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad media del lote (Dm), admitiéndose sólo un (1) valor defectuoso por lote, siempre y cuando ese valor no sea inferior al noventa por ciento (90%) de la densidad de laboratorio (De):

$$\text{si } Di < 0.95 De, Di \geq 0.97 Dm$$

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

Las comprobaciones de la compactación se realizarán cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación.

En caso de rechazo, la capa de pavimento reciclado correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. Entre las opciones de corrección puede estar un nuevo reciclado de esta capa, si con este proceso se puede obtener un producto que cumpla a satisfacción con los requisitos de la presente Sección.

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

450.6.3.6.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser, cuando menos, el noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando ese valor no sea inferior al ochenta y cinco (85%) del espesor de diseño (e_d).

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. Si el Interventor lo autoriza, las deficiencias en espesor pueden ser corregidas con mezcla asfáltica de las capas superiores; si la corrección queda hecha de forma satisfactoria a juicio del Interventor, la capa de reciclaje se pagará según su espesor teórico pero no se medirá ni pagará la mezcla asfáltica empleada en la corrección.

450.6.3.6.3 Lisura

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

Todas las áreas del pavimento reciclado 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 satisfacción de éste.

450.7 MEDIDA

La unidad de medida de la capa de material reciclado estabilizado con emulsión asfáltica o con asfalto espumado 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 reciclado estabilizado con emulsión asfáltica o con asfalto espumado 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.

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

450.8 FORMA DE PAGO

El pago se hará por metro cúbico de pavimento asfáltico reciclado estabilizado con emulsión asfáltica o con asfalto espumado 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, 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 reciclado estabilizado con emulsión asfáltica o con asfalto espumado 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 ejecución de la fase de experimentación y los costos de todos los muestreos y ensayos de caracterización, diseño y control, con excepción de aquellos ensayos considerados especiales para los cuales se establecen ítems de pago específicos en el numeral 450.9 de la presente Sección o en las especificaciones particulares del proyecto; y todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de los trabajos descritos en la presente Sección.

450.9 ITEM DE PAGO

450.1 Pavimento asfáltico reciclado en el sitio con emulsión asfáltica Metro cúbico (m³)

450.2 Pavimento asfáltico reciclado en el sitio con cemento asfáltico espumado Metro cúbico (m³)

450.E Ensayos especiales para capas de reciclaje de pavimento asfáltico en el sitio con emulsión asfáltica o asfalto espumado

450.E.1 Módulo Dinámico (3 frecuencias, 1 temperatura) Unidad

450.E.2 Curva de Fatiga (4 puntos) Unidad

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

SECCIÓN 454-05

RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON CEMENTO PÓRTLAND

454.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la disgregación de las capas asfálticas y parte de la base granular de un pavimento existente, de acuerdo con las profundidades de corte señaladas en los documentos del proyecto o indicadas por el Interventor; la eventual adición de nuevos materiales pétreos y agua; la incorporación de cemento Pórtland; y la mezcla, extensión, compactación y curado de los materiales tratados, de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

454.2 MATERIALES

454.2.1 Agregados del reciclaje

Los agregados pétreos serán los resultantes de la pulverización mecánica de las capas de pavimento en el espesor indicado en el proyecto y ajustado por el Interventor cuando corresponda. La gradación será definida en los documentos técnicos del proyecto, en función de los materiales por reciclar; si los términos no indican otra cosa, la granulometría será la indicada en la Tabla 454.1.

Tabla 454.1
Granulometrías admisibles para reciclaje de pavimento asfáltico

Tamiz		Porcentaje que Pasa
mm	U.S. Standard	
37.5 mm	1 1/2"	100
25.0 mm	1"	75-100
19.0 mm	¾"	65-100
9.5 mm	3/8"	45-75
4.75 mm	Nº 4	30-60
2.00 mm	Nº 10	20-45
425 µm	Nº 40	10-30
75 µm	Nº 200	5-20

454.2.2 Agregados de adición

En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste deberá cumplir con las características de material de base granular (Sección 400, Tabla 400.2) o de sub-base granular (Sección 400, Tabla 400.3, Clase A ó B). Salvo que los documentos técnicos del proyecto indiquen otra cosa, se empleará material granular de sub-base clase A (SBG_A) para el material de adición.

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

Adicionalmente, el agregado de adición debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 454.2:

Tabla 454.2

Ensayo	Norma de Ensayo	Clase de Material Granular para estabilizar con cemento
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 $R \geq 70$ $SiO_2 < 35 + 0,5R$ cuando $R < 70$

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla.

454.2.3 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 podrá ser 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 agregados, se deberá emplear un cemento resistente a ellos.

454.2.4 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^{2-} y determinado según la norma ASTM D-516, no podrá ser superior a un gramo por litro (1 g/l). Se aceptará agua potable.

454.2.5 Producto para 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.

454.3 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 (material molido y de adición), del cemento y de la fórmula de trabajo.

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

En la fórmula de trabajo se consignarán la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que ellos deben mezclarse, si se requieren agregados de adición, 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.

Previamente a la definición del contenido de cemento, el Constructor establecerá la necesidad de incorporar agregados pétreos nuevos en la mezcla para corregir deficiencias granulométricas e indicará la proporción en que ellos deban intervenir.

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, si se requieren agregados de adición.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada, si se requieren agregados de adición.
- 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 la fase de experimentación.
- 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.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

454.3.1 Densidad máxima de referencia

La densidad máxima de referencia para la ejecución del reciclaje con cemento Pórtland será establecida en los documentos técnicos del proyecto, en función del tipo de material por reciclar, 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.

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	

Si los documentos técnicos del proyecto no indican otra cosa, la densidad máxima de referencia será la correspondiente al Proctor Modificado, norma INV E-142 (AASHTO T-180)

454.3.2 Resistencia

El contenido mínimo de cemento en capas de reciclaje con cemento Pórtland 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 454.3. En cualquier caso, dicho contenido no será inferior al tres por ciento (3%) en peso, respecto del total del material granular seco.

Tabla 454.3
Resistencias mínimas y máximas para capas de reciclaje con cemento Pórtland

Característica	Categorías de Tránsito	
	T0 – T1	T2 – T5
Resistencia mínima a la compresión a 7 días, Mpa, Rd_min	2.5	2.5
Resistencia máxima a la compresión a 7 días, Mpa, Rd max	4.5	4.5
Resistencia mínima a la tracción indirecta, 7 días, MPa	-	0.25
Resistencia mínima conservada a la tracción indirecta, 7 días, %	-	75 (RO)

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.

454.3.3 Indicaciones particulares para ensayos de resistencia

454.3.3.1 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 confinada 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 confinada, 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.

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

- 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").
- 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); si los documentos técnicos indican que la densidad máxima de referencia corresponde al Proctor Estándar, norma INV E-141 (AASHTO T-99), se aplicarán 12 golpes por capa.
- 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.

454.3.3.2 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.

454.3.3.3 Determinación de la resistencia a la compresión confinada, RCI

- a) Las probetas para compresión confinada 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 confinada 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 confinada se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

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

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

454.3.3.4 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 tasa 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:

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

454.3.4 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%.

454.3.5 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 454.4, 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		 ALCALDIA MAYOR BOGOTÁ D.C. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Tabla 454.4
Ensayos complementarios sugeridos para mezclas para capas de reciclaje con cemento Pórtland

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 454.3.

454.4 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.

454.4.1 Equipo para el procesamiento de los agregados de adición

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.

454.4.2 Equipo de transporte de agregados de adición

Los agregados pétreos se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deberán estar siempre provistas de una lona o cobertor

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

adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.

El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones 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).

454.4.3 Equipo para la disgregación del pavimento existente y mezcla de los materiales

Las labores de disgregación del pavimento existente y de mezcla adecuada de todos los ingredientes hasta su completa homogenización, se ejecutarán por medio de una máquina recicladora.

454.4.4 Equipo para la extensión, nivelación y compactación de los materiales

El equipo para la extensión y nivelación de la mezcla elaborada y homogenizada estará conformado por motoniveladoras.

Para la compactación, se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Constructor deberá poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. El equipo de compactación deberá contar con el visto bueno del Interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación, cuando ésta se realice. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado.

454.5 REQUERIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

454.5.1 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.

454.5.2 Remoción de obstáculos

Antes de proceder a la disgregación del pavimento, se deberán demoler parcial y temporalmente las estructuras de servicios públicos ubicadas dentro del área de pavimento por reciclar, cubriendo de manera adecuada los orificios resultantes, de manera que el proceso de reciclaje no afecte adversamente las estructuras, ni éstas produzcan daño a la máquina recicladora.

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

La profundidad de demolición de las estructuras será la necesaria para proporcionar una altura libre suficiente entre la tapa temporal de ellas y la superficie del pavimento existente, para permitir la operación libre y continua de la recicladora.

Las tapas temporales de las estructuras deberán asegurarse adecuadamente a ellas y deberán tener la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos generados durante el proceso de reciclaje.

La localización de las estructuras demolidas parcial y temporalmente deberá ser relacionada con precisión, de manera que una vez concluido el trabajo de reciclaje ellas se puedan ubicar y reconstruir hasta el nivel definitivo de la rasante del pavimento.

454.5.3 Preparación de la superficie existente

También con antelación a la disgregación del pavimento, el Constructor deberá efectuar los bacheos en las zonas que le indique el Interventor, las cuales deberán corresponder a fallas de origen profundo que requieran corrección previa, con el fin de evitar deficiencias en el soporte de la capa reciclada. Las excavaciones deberán rellenarse con material de base granular hasta el nivel de la rasante existente, colocándolo y compactándolo en espesores que permitan obtener las densidades exigidas para dicho material en el aparte 400.5.3., Tabla 400.6, de la Sección 400 de las presentes especificaciones.

Inmediatamente antes de proceder a la pulverización del pavimento, se deberá barrer y/o soplar la superficie por tratar.

454.5.4 Disgregación del pavimento existente y eventual adición de agregado virgen

Empleando el equipo aprobado durante la fase de experimentación, el Constructor pulverizará la capa bituminosa existente y la mezclará con parte de la base subyacente en el espesor de diseño o el ordenado por el Interventor y, como resultado de dicho proceso, el material disgregado deberá cumplir con la gradación establecida en el aparte 454.2.1. Si no se cumple este requisito, se añadirá y mezclará la proporción requerida de agregado virgen que cumpla con los requisitos establecidos en la misma Sección.

La operación de disgregación deberá ser completada antes de proceder a la adición y mezcla de nuevos materiales.

Todo sobretamaño que no haya sido reducido durante el proceso, será retirado y dispuesto en el sitio que haya autorizado el Interventor.

Si alguna sección de pavimento pulverizado debe ser abierta temporalmente al tránsito, deberá ser previamente compactada y conformada a satisfacción del Interventor.

454.5.5 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

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

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 material de reciclaje.

El cemento sólo podrá extenderse en la superficie que pueda quedar terminada en la jornada de trabajo.

454.5.6 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 %).

454.5.7 Extensión de la mezcla

La extensión de la mezcla se realizará 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 reciclaje con cemento Pórtland 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; mientras se construye la capa inferior, el material de las capas superiores se retirará y acordonará al lado, según lo apruebe el Interventor. 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.

454.5.8 Prefisuración

Cuando los documentos técnicos del proyecto así lo indiquen, se efectuará una prefisuración de las capas de reciclaje con cemento Pórtland 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

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

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.

454.5.9 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 capa reciclada. 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; si después de eliminar esa 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. Si la extensión del material se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya, al menos, ciento cincuenta milímetros (150 mm) de la anterior, por lo que se deberá disponer en los bordes de una contención lateral adecuada.

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.

454.5.10 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 el reciclaje con cemento Portland 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.

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

454.5.11 Curado de la capa compactada

Una vez terminada la conformación y compactación de la capa de pavimento asfáltico reciclada con cemento Portland, 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 de reciclaje 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 capa reciclada deberá presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que garantice un curado adecuado.

454.5.12 Restricciones de tránsito

En general, las capas de reciclaje 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 podrá 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.

454.5.13 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la realización de labores de construcción de capas de reciclaje con cemento Portland 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.

454.5.14 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de pavimento reciclado en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido, a su costa, a plena satisfacción del Interventor.

454.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

454.6.1 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.

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

- 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.
- 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.

454.6.2 Controles de producción de agregados de adición

Durante la etapa de producción de los agregados de adición, si estos se requieren, se examinarán las descargas de los diferentes agregados 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. También, se deberán acopiar por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad.

Se vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores y se efectuarán las verificaciones de calidad que indica la Tabla 454.5.

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

Tabla 454.5
Verificaciones periódicas sobre los agregados de adición

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, % máximo		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
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
Angularidad del Agregado Fino		AASHTO T-304	1 por jornada
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 454.3.3.1	1 por mes

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

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.

454.6.3 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.

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

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

454.6.4 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.

454.6.5 Control de calidad de la mezcla

454.6.5.1 Homogeneidad

Se controlará el aspecto de la mezcla, rechazándose todas las mezclas segregadas y heterogéneas.

454.6.5.2 Humedad

La humedad se controlará al menos 4 veces por lote y no menos de 2 veces al día; se deberá tener información sobre la humedad al menos por cada 50 metros de carril en construcción.

454.6.5.3 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 disgregación, 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 inconfiada 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 lote rechazado por medio de núcleos, según las indicaciones del numeral 454.6.5.3.3.

La resistencia a la compresión y a la tracción indirecta se determinarán según las indicaciones del numeral 454.3.3. La frecuencia mínima de muestreo deberá cumplir con las indicaciones dadas en la Tabla 454.6.

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

Tabla 454.6
Muestreo para verificación de la resistencia en las mezclas para capas de reciclaje con cemento Portland

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:

454.6.5.3.1 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 454.7.

Tabla 454.7
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		
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.

454.6.5.3.2 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 454.8.

Tabla 454.8
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):

$$R_i \geq 0.9 R_m$$

A partir de la fecha que fije el IDU para hacer obligatorio el cumplimiento del requisito de la resistencia conservada a la tracción indirecta a los 7 días, 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.

454.6.5.3.3 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 confinada 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		 ALCALDIA MAYOR BOGOTA D.C. <small>Instituto</small> 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.

454.6.5.3.4 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 454.5.8 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.

454.6.5.3.5 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 454.9, 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. <small>Instituto</small> DESARROLLO URBANO
ESPECIFICACIONES IDU - ET - 2005		
Versión: 1.0	Fecha de Actualización: 18 de mayo de 2006	

Tabla 454.9
Ensayos complementarios sugeridos para capas de reciclaje con cemento Pórtland

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	-	-	2 (4)

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

NA = Ensayos básicos ya incluidos

454.6.6 Control de calidad del producto terminado

Para el control de la calidad tanto en la producción como en el producto terminado de reciclaje en el sitio de pavimento asfáltico 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 de reciclaje con cemento compactada.
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m²) de capa de reciclaje 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	

454.6.6.1 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 cada 50 metros.

- **Densidad Promedio**

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

$$D_m \geq 0.98 D_e$$

- **Densidad Individual**

La densidad obtenida en cada ensayo individual (D_i) que resulte inferior al noventa y ocho por ciento (98%) de la densidad de laboratorio (D_e), deberá ser, a su vez, igual o superior al noventa y siete por ciento (97%) del valor medio del lote (D_m); 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 (D_e):

$$\text{Si } D_i < 0.98 D_e, D_i \geq 0.97 D_m$$

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

454.6.6.2 Espesor

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

El espesor medio de la capa compactada (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 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 (e_d):

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

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

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

454.6.6.3 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.

Todas las áreas del pavimento reciclado en frío 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.

454.7 MEDIDA

La unidad de medida de la capa de material reciclado con cemento Pórtland 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 reciclado 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.

454.8 FORMA DE PAGO

El pago se hará por metro cúbico de capa reciclada con cemento Pórtland 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 reciclado estabilizado con cemento Pórtland 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 ejecución de la fase de experimentación y los costos de todos los muestreos y ensayos de caracterización, diseño y control, con excepción de aquellos ensayos considerados especiales para los cuales se establecen ítems de pago específicos en el numeral 450.9 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.

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

454.9 ÍTEM DE PAGO

454.1 Pavimento asfáltico reciclado en el lugar con cemento Pórtland Metro cúbico
(m³)

454.E Ensayos especiales para capas de reciclaje estabilizado con cemento Pórtland

454.E.1 Módulo de rotura	Unidad
454.E.2 Módulo dinámico (3 frecuencias)	Unidad
454.E.3 Curva de Fatiga (4 puntos)	Unidad