

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

SECCIÓN 520-05

MICROAGLOMERADO EN CALIENTE

520.1 DESCRIPCION

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica preparada y colocada en caliente, cuyos agregados presentan una discontinuidad muy acentuada en los tamices superiores del agregado fino, la cual se emplea como rodadura sobre un pavimento existente, de acuerdo con esta Sección y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

520.2 MATERIALES

520.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

Los agregados pétreos empleados para la ejecución del microaglomerado en caliente deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción combinada del agua y del tránsito. Sólo se podrá admitir el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adhesividad satisfactoria con el asfalto, medida en los términos que se establecen en esta Sección

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente puedan darse en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución del microaglomerado en caliente, deberá realizar todos los ensayos físicos, químicos, mecánicos y petrológicos que sea necesarios, para asegurar la calidad e inalterabilidad de los agregados que pretende utilizar, independiente y complementariamente de todos los que de manera taxativa se exigen en esta Sección.

520.2.1.1 Agregado grueso

Para el objeto de presente Sección, se denominará agregado grueso la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (No.4). Dicho agregado deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto o afecten adversamente la durabilidad de la mezcla compactada. Sus requisitos básicos de calidad se presentan en la Tabla 520.1.

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 520.1
Requisitos del agregado grueso para microaglomerado en caliente

Ensayo		Norma de Ensayo	Requisito
Petrografía			
Análisis petrográfico		ASTM C-295	Reportar
Dureza			
Desgaste Los Ángeles (Gradación C)	- En seco, 500 revoluciones, % máximo	INV E-218	25
	- En seco, 100 revoluciones, % máximo		5 (RO)
	- Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo		40
	- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo		2
Micro Deval, % máximo (FT)		ASTM D-6928	25
10% de finos	Valor en seco, kN mínimo	BS 812	110
	Relación húmedo/seco, % mínimo	PART 111	75
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	INV E-220	18
Limpieza			
Contenido de Impurezas, % máximo		INV E-237	0.5
Geometría de las Partículas			
Partículas Fracturadas Mecánicamente, % mínimo	- 1 cara	INVE-227	90
	- 2 caras		75
Índice de Aplanamiento, % máximo		INV E-230	25
Índice de Alargamiento, % máximo		INV E-230	25
Resistencia al Pulimento			
Coeficiente de Pulimento Acelerado, valor mínimo		INV E-232	0.50

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.

Si la fórmula de trabajo exige la mezcla de dos (2) o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la Tabla 520.1 deberán ser satisfechos de manera independiente por cada uno de ellos. Se exceptúa la medida de resistencia al pulimento, la cual se realizará sobre una muestra del agregado combinado en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

520.2.1.2 Agregado fino

Para el objeto de la presente Sección, se denominará agregado fino la porción comprendida entre los tamices de 4.75 mm (No 4) y 75 µm (No.200). El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la

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

trituration de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del quince por ciento (15 %) de la masa total del agregado combinado. En todo caso, la proporción de agregado fino no triturado no podrá exceder la del agregado fino triturado.

Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 520.2.

Los requisitos de limpieza que se exigen en la Tabla 520.2 serán los del agregado fino finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones obtenidas en la fórmula de trabajo establecida en el diseño de la mezcla y antes de pasar por el secador de la planta asfáltica. Los demás requisitos de la Tabla se refieren al agregado fino como conjunto, es decir, a la mezcla de agregados finos en las proporciones requeridas para conformar la fórmula de trabajo.

Tabla 520.2
Requisitos del agregado fino para microaglomerados en caliente

Ensayo	Norma de Ensayo	Requisito
Petrografía		
Análisis petrográfico	ASTM C-295	Reportar
Arena Natural		
Proporción máxima de arena natural, % máximo	-	15
Durabilidad		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de Magnesio	18
Limpieza		
Límite Líquido, % máximo	INV E-125	No plástico
Índice de Plasticidad, % máximo	INV E-126	No plástico
Equivalente de Arena, % mínimo	EN 933-8	40
Valor de Azul de Metileno, máximo	EN-933-9	8
Geometría de las Partículas		
Angularidad del Agregado Fino, % mínimo (RO)	AASHTO T-304	45

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.

520.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral es la porción de agregado que pasa el tamiz de 75 µm (No.200), la cual podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos o del colector de polvo de la planta mezcladora, o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento Portland. La proporción de llenante mineral de aporte deberá ser, como mínimo, de cincuenta

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

por ciento (50 %) respecto de la masa llenante total, excluido el que inevitablemente quede adherido a los agregados.

El peso unitario aparente del llenante mineral, determinado por el ensayo de sedimentación en tolueno (norma de ensayo INV E-225), deberá encontrarse entre cinco y ocho décimas de gramo por centímetro cúbico (0.5 y 0.8 g/cm³).

520.2.1.4 Agregados combinados

520.2.1.4.1 Granulometría

La mezcla de los agregados grueso y fino y el llenante mineral deberá ajustarse, en cuanto a su granulometría, a las exigencias que se presentan en la Tabla 520.3. Las determinaciones se efectuarán de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213.

**Tabla 520.3
Granulometría de agregados combinados para microaglomerados en caliente**

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA			
Normal	Alterno	MM-10	MM-8	MF-10	MF-8
12.5 mm	1/2"	100		100	
9.5 mm	3/8"	75-97	100	75-97	100
8.0 mm	5/16"	-	75-97	-	75-97
4.75 mm	No.4	15-28	15-28	25-40	25-40
2.00 mm	No.10	11-22	11-22	18-32	18-32
425 µm	No.40	8-16	8-16	10-20	10-20
75 µm	No.200	5-8	5-8	7-10	7-10

Independientemente del cumplimiento de la franja granulométrica, la fracción de agregado que pasa por el tamiz de 4.75 mm (No4) y es retenida por el tamiz de 2.00 mm (No 10), debe ser inferior a nueve por ciento (9%).

La franja por utilizar será la indicada en los documentos técnicos del proyecto.

510.2.1.4.2 Relación llenante/ligante

Salvo justificación en contrario, la relación ponderal recomendable entre los contenidos de llenante mineral y de ligante asfáltico para las mezclas del tipo MM deberá encontrarse entre 1.1 y 1.3. En el caso de las mezclas del tipo MF, dicha relación deberá encontrarse en el rango de 1.3 a 1.7.

En ningún caso, la concentración del llenante podrá superar el valor crítico, según la norma de ensayo INV E-745.

520.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar el microaglomerado en caliente será cemento asfáltico modificado con polímeros, que corresponda a los tipos II o III de la Tabla 202.1 de la Sección 202 de las presentes especificaciones. El tipo por utilizar, será el definido en los documentos técnicos del proyecto.

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	

520.2.3 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 520.4.2 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.

520.3 EQUIPO

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

520.3.1 Equipo para el procesamiento de los agregados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria, una secundaria y una terciaria siempre que ésta última se requiera; deberá incluir 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.

520.3.2 Planta central de mezcla

El microaglomerado en caliente se fabricará en plantas centrales de tipo continuo o discontinuo, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las plantas productoras de la mezcla asfáltica deberán cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire y para su funcionamiento en la obra, se deberá presentar al Instituto de Desarrollo Urbano, la correspondiente autorización expedida por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.

Las tolvas para agregados en frío deberán tener paredes resistentes, con bocas de anchura suficiente para que la alimentación se pueda realizar correctamente. La separación entre ellas debe garantizar que no se produzcan intercontaminaciones. Además, sus dispositivos de salida deben permitir ajustes exactos para mantenerlos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear.

En las centrales de mezcla donde la dosificación definitiva de los agregados pétreos se realice en frío, como es el caso de las de tipo tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación de los agregados deberá ser ponderal y deberá tener en cuenta su humedad para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de plantas, se aceptarán sistemas de dosificación de tipo volumétrico o ponderal.

La central estará dotada de un tambor secador que permita el secado correcto de los agregados, así como su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla. Su sistema de combustión, que deberá ser limpio y completo, debe impedir la emisión de residuos que contaminen los agregados o la atmósfera. La planta deberá poseer, además, un dispositivo que permita la toma de muestras de agregados pétreos secos, antes de su mezcla con el ligante asfáltico, para verificar su limpieza. El sistema de extracción de polvo, por vía seca o húmeda, deberá evitar su emisión a la

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

atmósfera o el vertido de lodos a cauces de agua o instalaciones sanitarias, de acuerdo con la legislación ambiental y sanitaria vigente.

Las plantas centrales donde la dosificación definitiva de los agregados pétreos no se realice en frío, estarán dotadas, asimismo, de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres (3) y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar intercontaminaciones. Dichas tolvas en caliente estarán dotadas de un rebosadero, para evitar que un exceso de contenido se vierta en las tolvas contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de dosificación; de un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva baje del que proporcione la cantidad calibrada y de un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas. La instalación deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados, situados a la salida del secador y en las tolvas en caliente.

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del asfalto deberá permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo, de manera que no se produzcan sobrecalentamientos localizados ni se sobrepasen las temperaturas máximas admisibles de calentamiento del producto. En el calentamiento del asfalto se emplearán, preferentemente, serpentines de aceite o vapor, evitándose en todo caso el contacto del ligante con elementos metálicos que se encuentren a temperatura muy superior a la de almacenamiento. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc., deberán estar provistos de dispositivos calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del ligante a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros en lugares convenientes, para asegurar el control de la temperatura del ligante, especialmente en la boca de salida de éste al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de dispositivos para tomar muestras y para comprobar la calibración del dispositivo de dosificación.

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de los mismos.

La instalación estará dotada de sistemas independientes de almacenamiento y alimentación del llenante de recuperación y adición, los cuales deberán estar protegidos contra la humedad y ser independientes de los correspondientes al resto de los agregados.

Las instalaciones provistas de dispositivos de dosificación por peso en caliente, deberán tener dosificadores ponderales independientes para los agregados, el llenante mineral de aporte y el ligante asfáltico. La exactitud del dosificador de agregados deberá ser superior al medio por ciento ($\pm 0.5\%$). Los dispositivos de dosificación ponderal del llenante y ligante tendrán, como mínimo, una precisión de tres por mil ($\pm 0.3\%$).

En las instalaciones de tipo continuo, las tolvas de agregados clasificados calientes deberán estar provistas de dispositivos de salida, que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. Estos dispositivos deberán ser calibrados antes de iniciar la fabricación de cualquier tipo de mezcla, en condiciones reales de funcionamiento.

El ligante asfáltico se distribuirá uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no permitirán fugas ni goteos. El sistema dosificador del ligante deberá disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo. En las plantas de mezcla continua, deberá estar sincronizado con la alimentación de los agregados pétreos y el llenante mineral, de manera de asegurar la dosificación correcta de la mezcla.

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

En las plantas continuas con tambor secador-mezclador se deberá garantizar la difusión homogénea del asfalto y que ésta se realice de manera que no exista ningún riesgo de contacto con la llama ni de someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

En las instalaciones de tipo continuo, el mezclador será de ejes gemelos.

Si la planta posee silo de almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte, así como que en las cuarenta y ocho (48) horas siguientes a la fabricación, la mezcla acopiada no haya perdido ninguna de sus características, en especial la homogeneidad del conjunto y las propiedades del ligante.

520.3.3 Equipo de transporte

Tanto los agregados pétreos como los microaglomerados en caliente se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Cuando vaya a transportar mezcla, la superficie interna del platón deberá ser tratada con el fin de evitar la adherencia de la mezcla a ella, empleando un producto cuya composición y cantidad deberán ser aprobadas por el Interventor. La forma y altura del platón deberán ser tales, que durante el vertido de la mezcla a la máquina pavimentadora, la volqueta sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello.

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.

En relación con las volquetas, 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 DAMA, el MT y la STT.

520.3.4 Equipo para la extensión de la mezcla

La extensión y terminación de los microaglomerados en caliente se hará con máquinas pavimentadoras autopropulsadas, adecuadas para extender y terminar la mezcla con un mínimo de compactación, de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deberán ser adecuadas para el tipo de trabajo que deban desarrollar.

La pavimentadora estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar. La pavimentadora tendrá dispositivos automáticos de nivelación y un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Interventor. Así mismo, estará dotada de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal.

Dada la importancia que tiene el riego de liga en la construcción de este tipo de capa de rodadura, es altamente recomendable que la máquina pavimentadora esté provista de un sistema de riego incorporado a ella, de manera de garantizar una aplicación continua y uniforme del mismo.

Si se determina que durante su operación el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables que no sean fácilmente corregibles durante la construcción, el Constructor deberá proceder de inmediato a su reparación o cambio.

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

520.3.5 Equipo de compactación

De preferencia, se deberán utilizar compactadores de rodillos metálicos autopropulsados y sin vibración. El equipo de compactación será aprobado por el Interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación. Todos los compactadores deberán estar dotados de inversores de marcha suaves, así como de dispositivos para la limpieza de los rodillos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamientos de la mezcla a la temperatura de compactación.

En zonas inaccesibles a los compactadores, se deberán utilizar elementos de características apropiadas para lograr en dichas zonas una compacidad y un terminado superficial semejantes al resto de la obra.

520.3.6 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 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.

520.4 EJECUCION DE LOS TRABAJOS

520.4.1 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

520.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Antes de iniciar el acopio de los agregados, el Constructor deberá suministrar, para verificación del Interventor, muestras de ellos y del ligante asfáltico por emplear y de los eventuales aditivos, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en la mezcla.

Una vez el Interventor efectúe todas las comprobaciones que considere convenientes y dé su aprobación a los ingredientes, el Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que deberá cumplir todas las exigencias establecidas en la presente Sección. En dicha fórmula se consignarán la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que ellos deben mezclarse, junto con el llenante mineral, para obtener la gradación establecida para el microaglomerado por construir.

El Constructor elaborará un informe detallado, en el cual presentará y sustentará la mezcla que pretende colocar en la obra, incluyendo la evaluación de los agregados y del asfalto y la fórmula de trabajo.

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

Además de las proporciones de mezcla de los agregados, 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.

También, deberán señalarse:

- Los tiempos requeridos para la mezcla de los agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el ligante bituminoso.
- Las temperaturas, máxima y mínima, de calentamiento previo de los agregados y el ligante.
- Las temperaturas máximas y mínimas al salir del mezclador, las cuales dependerán del tipo de planta en la cual se elabore la mezcla.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga de los elementos de transporte.
- Las temperaturas mínimas de la mezcla, aceptables al inicio y terminación de la compactación.

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.

Los microaglomerados en caliente se diseñarán en función del tipo de granulometría del agregado, siguiendo los criterios que se describen a continuación. La temperatura de elaboración de la mezcla deberá corresponder, en principio, a una viscosidad del ligante comprendida entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 cSt – 190 cSt), debiendo verificarse que no se produzca escurrimiento del ligante a dicha temperatura.

Los microaglomerados del tipo MM se diseñarán a partir del ensayo Cántabro descrito en la norma de ensayo INV E-760. Los vacíos con aire de la mezcla compactada se deberán calcular como se indica en la norma de ensayo INV E-736. Los criterios de dosificación de estas mezclas se señalan en la Tabla 520.4.

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	

Tabla 520.4
Criterios de dosificación de microaglomerados tipo MM con el ensayo Cántabro

CARACTERÍSTICA	Norma de Ensayo	VALOR
Número de golpes por cara		50
Pérdida por abrasión en seco	INV E-760	Máximo 15 %
Vacíos con aire en la mezcla compactada	INV E-736	Mínimo 12 %

Se deberá comprobar, además, la adhesividad entre el agregado y el ligante, caracterizando la mezcla en presencia de agua. Al efecto, la pérdida por abrasión en el ensayo Cántabro, según la norma de ensayo INV E-760, tras ser sometidas las probetas a un proceso de inmersión en agua durante veinticuatro horas (24 h) a sesenta grados Celsius (60° C), no podrá exceder de veinticinco por ciento (25 %). Si se supera este valor, se deberá mejorar la adhesividad mediante un aditivo mejorador de adherencia apropiado.

Los microaglomerados del tipo MF se prepararán y ensayarán de acuerdo con el método Marshall (INV E-748), aplicando 50 golpes por cara para la compactación de las probetas. Los criterios de dosificación son los que muestra la Tabla 520.5.

Tabla 520.5
Criterios de dosificación de microaglomerados tipo MF con el ensayo Marshall

CARACTERÍSTICA	Norma de Ensayo	VALOR
Estabilidad (kg)	INV E-748	750 mín.
Vacíos con aire (%)	INV E-748, E-736	4 mín.

La mezcla óptima de microaglomerado MF diseñada con el método Marshall deberá ser verificada con la medida de su resistencia a la deformación plástica, mediante la pista de ensayo de laboratorio, según la norma de ensayo INV E-756. Las probetas para ensayo deberán tener un espesor aproximadamente igual al cuádruple del tamaño máximo nominal del agregado pétreo. La velocidad de deformación en el intervalo de ciento cinco (105) a ciento veinte (120) minutos no podrá ser mayor de 15 $\mu\text{m}/\text{minuto}$. Si este requisito no se cumple, se deberán efectuar los ajustes necesarios en el diseño de la mezcla.

Además de lo anterior, se deberá comprobar la adhesividad entre el agregado pétreo y el ligante asfáltico, caracterizando el microaglomerado del tipo MF con el contenido óptimo de ligante, mediante el ensayo AASHTO T-283, para verificar su sensibilidad al agua. La resistencia promedio a tracción indirecta de las probetas sometidas a curado húmedo deberá ser, cuando menos, ochenta por ciento (80 %) del valor promedio alcanzado por las probetas curadas en condición seca. Si no se alcanza este valor, se deberá incrementar la adhesividad empleando un aditivo mejorador de adherencia apropiado.

La composición del microaglomerado en caliente se ajustará a lo establecido en la Tabla 520.6.

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 520.6
Tipo, composición y dosificación del microaglomerado en caliente

CARACTERÍSTICA	TIPO DE MEZCLA			
	MM 10	MM 8	MF 10	MF 8
Cantidad media de mezcla (kg/m ²)	55-70	35-50	65-80	40-55
Ligante residual en el microaglomerado (% en peso sobre agregados secos).	5.0 mín.		5.5 mín.	
Ligante residual en el riego de liga (kg/m ²)	Pavimento nuevo	0.3 mín.	0.25 mín.	
	Pavimento antiguo	0.4 mín.	0.35 mín.	

La mezcla discontinua en caliente no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la fase de experimentación, en particular respecto de la cantidad media de microaglomerado por aplicar para obtener el espesor compacto establecido en los documentos técnicos del proyecto. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera continua las tolerancias granulométricas establecidas en esta Sección, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

520.4.3 Preparación de la superficie existente

El microaglomerado en caliente no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

No se permitirá la colocación del microaglomerado en caliente mientras el Interventor no certifique que la capa sobre la cual se va a colocar es estructuralmente sana y presenta una regularidad superficial aceptable. Las áreas de la superficie existente donde se formen charcos en instantes de lluvia, requieren una capa de mezcla densa de nivelación antes de que se permita la extensión del microaglomerado.

Debido al pequeño espesor en que son puestas en obra los microaglomerados en caliente, ellos resultan propensos a despegues por los esfuerzos tangenciales del tránsito. Por tal razón, la extensión de la mezcla exige la aplicación cuidadosa de un riego previo de liga, el cual se realizará conforme lo establece la Sección 502 de las presentes especificaciones, empleando una emulsión asfáltica modificada con polímeros del tipo CRR-2m, de las características establecidas en la Tabla 212.1 de la Sección 212 y con la dosificación indicada en el aparte 520.4.2 de la presente Sección.

Para garantizar la efectividad del riego de liga, es muy recomendable que la máquina pavimentadora esté provista de un sistema de riego incorporado a ella. Si no se dispone de dicho equipo, el riego se podrá aplicar con un carrotanque, cuidando que no se degrade antes de la extensión de la mezcla. En caso de que el riego pierda efectividad, el Constructor deberá efectuar un riego adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del primer riego es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo a su costa.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar el microaglomerado corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que requiere un fresado previo, éste se deberá realizar conforme se establece en la Sección 540 de estas especificaciones.

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

520.4.4 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.

520.4.5 Aprovechamiento de los agregados

Los agregados se suministrarán en fracciones granulométricas claramente diferenciadas que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y deberá poderse acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. En el caso de plantas del tipo tambor secador-mezclador, no se permitirá, por ningún motivo, realizar una predosificación de las fracciones de agregados, antes de su vertimiento a las tolvas de agregados en frío.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan más del cincuenta por ciento (50%) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se realizará en dos (2) tolvas, así éste sea de un tipo único.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, no debiendo ser ni superior ni inferior, lo que permitirá mantener el nivel de llenado de las tolvas en caliente a la altura de calibración.

Con el fin de garantizar la homogeneidad de los trabajos, en obras donde el volumen total de agregados por consumir para elaborar el microaglomerado sea inferior a dos mil metros cúbicos (2.000 m³), la totalidad de los agregados deberá haberse acopiado antes de comenzar la fabricación de la mezcla.

520.4.6 Fabricación de la mezcla

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Si el polvo recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, deberá eliminarse. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

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

En las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, deberá comprobarse que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad. Las tolvas en caliente de las plantas continuas deberán mantenerse por encima de su nivel mínimo de calibración, sin rebosar.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. El volumen de material dentro del mezclador deberá limitarse hasta unos dos tercios de la altura que alcancen las paletas, de manera que para los tiempos de mezclado establecidos al definir la fórmula de trabajo, se logra una envoltura uniforme y completa.

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, se introducirá en el mezclador al mismo tiempo, la cantidad de asfalto requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado. La tolva de descarga se abrirá intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla a la volqueta.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual deberá encontrarse a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius (15°C) a la temperatura del asfalto. La temperatura de elaboración de la mezcla se fijará dentro del rango recomendado por el fabricante del cemento asfáltico modificado con polímeros.

La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será mayor de ciento ochenta grados Celsius (180°C), excepto si la planta utilizada es del tipo tambor secador-mezclador, en la que no excederá de ciento sesenta y cinco grados Celsius (165°C). Para las mezclas del tipo MM, estos límites deberán ser reducidos en diez grados Celsius (10°C) para prevenir escurrimientos de ligante asfáltico.

A la descarga del mezclador o del silo, todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador o del silo no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

El Interventor rechazará todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También, se rechazarán aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

520.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará de la planta central a la obra en volquetas, hasta una hora de día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si el Interventor considera que existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de una manera tan apropiada como en horas de luz solar.

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

Durante el transporte de la mezcla, se deberán tomar las precauciones necesarias para que al descargarla sobre la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación o a la que, en su ausencia, determine el Interventor. Dicha temperatura no podrá ser inferior, en ningún caso, a ciento treinta y cinco grados Celsius (135° C).

520.4.8 Extensión de la mezcla

La mezcla se extenderá con máquinas pavimentadoras, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que el Interventor ordene otra cosa, la extensión se realizará en franjas longitudinales y comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. Siempre que resulte posible, se evitarán las juntas longitudinales realizando la extensión de la mezcla en ancho completo, trabajando si es necesario con dos (2) o más pavimentadoras ligeramente desfasadas. Si por razones prácticas de la obra ello no resulta posible, después de haber extendido y compactado una franja, se extenderá la siguiente mientras el borde de la anterior aún se encuentre caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal.

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

La colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas, con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada; de lo contrario, deberá ejecutarse una junta transversal.

En aquellos sitios en los que, a juicio conjunto del Interventor y del Constructor, no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, el microaglomerado podrá ser extendido con herramientas manuales. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente Sección.

No se permitirá la extensión y compactación del microaglomerado en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a ocho grados Celsius (8° C).

520.4.9 Compactación de la mezcla

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

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan desplazamientos indebidos, y se continuará mientras la mezcla esté en condiciones de ser compactada. El número de pasadas del rodillo liso sin vibración nunca será menor de seis (6).

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado 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.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán con suavidad sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

520.4.10 Juntas de trabajo

Si la construcción de juntas longitudinales es inevitable y al extender franjas contiguas la extendida en primer lugar tiene una temperatura inferior a la mínima aceptable para terminar el trabajo de pavimentación, según se haya determinado en la fase de experimentación, el borde de ésta se deberá cortar dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, procediendo a continuación a calentar la junta y extender la siguiente franja contra ella.

Las juntas transversales se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos adecuados para los elementos de compactación. Las juntas transversales de franjas de extensión adyacentes deberán distanciarse, cuando menos, en cinco metros (5 m).

520.4.11 Apertura al tránsito

Alcanzado el nivel de densidad exigido, el tramo pavimentado podrá abrirse al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente.

520.4.12 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación del microaglomerado en caliente, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del microaglomerado construido.

520.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

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

520.5.1 Controles generales

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

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Constructor.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos en el numeral 520.2 de esta Sección.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado de la fase de experimentación, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación del microaglomerado.
- Comprobar frecuentemente el espesor extendido, empleando un punzón graduado.
- Comprobar la composición y forma de actuación del equipo de compactación
- Ejecutar todos los ensayos requeridos para el control de la mezcla suelta y compactada, pruebas de extracción de asfalto y granulometría; así como controlar las temperaturas de elaboración, descargue en la pavimentadora, extendido y compactación del microaglomerado.
- Efectuar los ensayos requeridos para el control de la mezcla.
- Ejecutar las pruebas requeridas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores construidos, levantar perfiles, medir la textura superficial y la resistencia al deslizamiento y comprobar la uniformidad de la superficie.

La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control, se adelantará de acuerdo con las siguientes normas de ensayo INV: E-201 para agregados pétreos y llenantes minerales, E-701 para materiales bituminosos y E-731 para el microaglomerado.

El Constructor deberá rellenar con microaglomerado de la misma clase, a su costa, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno y compactará el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en esta Sección y la superficie reparada conserve uniformidad con la superficie adyacente.

520.5.2 Controles de producción de agregados

Durante la etapa de producción, 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 y se efectuarán las verificaciones de calidad que indica la Tabla 520.7, para los agregados:

Tabla No 520.7

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	

Verificaciones sobre los agregados para microaglomerados en caliente

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 de magnesio	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	
Contenido de Impurezas	INV E-237	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	
Pesos Específicos			
Pesos Específico y Absorción	INVE-222 y 223	1 por mes	
Resistencia al Pulimento			
Coeficiente de Pulimento Acelerado	INV E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados	

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

Siempre que exista alimentación independiente del llenante mineral, se deberán efectuar sobre muestras de él, las siguientes verificaciones:

- Densidad aparente (INV E-225), al menos una (1) vez a la semana y siempre que cambie la procedencia.
- Granulometría, ASTM D 422 (INV E-123), y peso específico por el método de ensayo AASHTO T 100 (INV E-128), una (1) prueba por suministro.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 520.2 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.

520.5.3 Control de recibo de los carrotanques con el ligante asfáltico

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

Al respecto, se deberá aplicar lo indicado en los numerales 202.5.2, 202.5.3 y 202.5.4 de la Sección 202.

510.5.4 Control de la composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el Interventor controlará el aspecto de la mezcla y medirá su temperatura. Rechazará todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las que tengan espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad. En este último caso y cuando la planta no sea del tipo tambor mezclador, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

520.5.4.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras del microaglomerado elaborado 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 promedio del lote (ART %) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3%), respecto del valor definido como óptimo en la fórmula de trabajo (ARF %).

$$ARF \% - 0.3 \% \leq ART \% \leq ARF \% + 0.3 \%$$

A su vez, el contenido de asfalto de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5%), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART \% - 0.5 \% \leq ARI \% \leq ART \% + 0.5 \%$$

Un porcentaje de asfalto promedio fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites citados implica el rechazo del lote.

De todas maneras, el contenido promedio de ligante nunca podrá ser inferior al mínimo indicado en la Tabla 520.6 de esta Sección.

Se considerará como lote, para efectos del control, el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 520.5.6.

520.5.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 520.8, pero sin permitir que la curva se salga de la franja correspondiente de la Tabla 520.3.

Tabla 520.8
Tolerancias en la composición granulométrica

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	

Porcentaje que pasa los Tamices	Tolerancia en Puntos de % sobre el peso seco de los Agregados
8 mm (5/16") y mayores	± 4
4.75 mm (No 4) 2mm (No.10) 425 µm (No.40)	± 3
0.075 µm (No.200)	± 1

En el caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 520.4.2 de esta Sección, sin excepción. Si todos los requisitos allí indicados se cumplen, se aceptará el lote. En caso contrario, se rechazará.

520.5.5 Control de calidad de la mezcla

520.5.5.1 Resistencia de los microaglomerados tipo MM

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (dos por muestra), para el ensayo Cántabro (INV E-760).

Con dos de las probetas (una de cada muestra) se medirá la pérdida por abrasión en seco y con las otras dos se determinará la pérdida por abrasión luego de un período de inmersión en agua a sesenta grados Celsius (60° C) durante veinticuatro horas (24 h).

Los valores promedio de pérdida de ambos grupos deberán satisfacer los criterios descritos en el numeral 520.4.2. Ninguna de las probetas podrá presentar una pérdida mayor en veinte por ciento (20 %) de la máxima admisible para cada grupo.

Si uno o ambos requisitos se incumplen, se rechazará el lote representado por estas muestras.

520.5.5.2 Resistencia de los microaglomerados tipo MF

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se compactarán probetas con cincuenta (50) golpes/cara (dos por muestra), para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo Marshall (INV E-748). La compactación se realizará a la temperatura apropiada según el asfalto empleado en la mezcla y se verificará que el volumen de aire promedio de estas probetas de referencia no varíe en más de tres por mil (0.3 %) respecto del definido al establecer la fórmula de trabajo. Si este requisito no se cumple, se elaborarán nuevas probetas para las verificaciones a que hace referencia este numeral.

El promedio de las estabilidades de las cuatro (4) probetas (Em) no podrá ser menor que el valor obtenido al establecer la fórmula de trabajo (Et).

$$Em \geq Et$$

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

Además, la estabilidad de cada probeta (E_i) deberá ser igual o superior a ochenta por ciento (90%) del valor medio de estabilidad (E_m), admitiéndose solo un valor individual bajo de ese límite, siempre y cuando no se encuentre por debajo del valor mínimo admisible establecido en la Tabla 520.5 de esta Sección.

$$E_i \geq 0.9 E_m$$

Adicionalmente, con un mínimo de dos (2) muestras por semana de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (seis por muestra), para verificar en el laboratorio la resistencia de la mezcla ante la acción del agua mediante el ensayo de tracción indirecta (AASHTO T 283). Tres de las probetas se curarán en seco y tres bajo condición húmeda y se determinará la resistencia promedio de cada grupo. La pérdida de resistencia por efecto de la inmersión, no podrá exceder de veinte por ciento (20 %).

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias, implica el rechazo del lote representado por las muestras.

520.5.5.3 Vacíos con aire de los microaglomerados tipo MM

Sobre las probetas que se utilizarán para la determinación de las pérdidas por abrasión, se determinarán previamente los vacíos con aire de la mezcla compactada. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro probetas no podrá diferir en más de dos puntos porcentuales ($\pm 2\%$) del definido al establecer la fórmula de trabajo y, simultáneamente, deberá ser mayor o igual que el límite que se establece en la Tabla 520.4, sin que ningún valor individual pueda ser inferior a diez por ciento (10 %).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras.

520.5.5.4 Vacíos con aire de los microaglomerados tipo MF

Sobre las probetas utilizadas para la determinación de la resistencia, se determinarán los vacíos con aire de la mezcla compactada. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro probetas deberá ser mayor o igual que el límite que se establece en la Tabla 520.5, sin que ningún valor individual pueda ser menor de tres y medio por ciento ($3 \frac{1}{2} \%$).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras.

520.5.6 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:

- Quinientos metros lineales (500m) de microaglomerado en caliente colocado
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m^2) de microaglomerado en caliente colocado
- 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 esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el

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

Interventor. La cota de cualquier punto de la mezcla discontinua en caliente, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además de lo anterior, se deberán efectuar las siguientes verificaciones:

520.5.6.1 Densidad de los microaglomerados tipo MM

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

En el caso de los microaglomerados del tipo MM, el porcentaje promedio de vacíos con aire en la mezcla no podrá variar en más de tres (± 3) puntos porcentuales del obtenido en la fórmula de trabajo. Simultáneamente, no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada podrán presentar valores que difieran en más de cuatro (4) puntos porcentuales del obtenido en la fórmula.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de microaglomerado en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

520.5.6.2 Densidad de los microaglomerados tipo MF

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

En el caso de los microaglomerados del tipo MF, la densidad promedio de la capa compactada (D_m) deberá ser cuando menos igual al noventa y ocho por ciento (98 %) de la densidad de referencia Marshall (D_e), obtenida en las probetas de control citadas en el numeral 520.5.5.2:

$$D_m \geq 0.98 D_e$$

Además, la densidad de cada testigo individual (D_i) deberá ser mayor o igual al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad promedio de los testigos del tramo (D_m), admitiéndose un (1) solo valor inferior a dicho límite por lote.

$$D_i \geq 0.97 D_m$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de microaglomerado en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

La toma de muestras testigo de las mezclas compactadas tipo MF, se hará de acuerdo con norma INV E-758 y las densidades se determinarán por alguno de los métodos indicados en las normas INV E-733, E-734.

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	

520.5.6.3 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, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite:

$$ei \geq 0.9 ed$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de microaglomerado en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

520.5.6.4 Lisura

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua (encharcamientos), ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 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 al azar el Interventor, los cuales no podrán coincidir con cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, a su costa, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

520.5.6.5 Textura y resistencia al deslizamiento

Por cada lote se deberán efectuar, como mínimo, tres (3) pruebas de resistencia al deslizamiento (INV E-792) y tres (3) de profundidad de textura con el círculo de arena (INV E-791). Las primeras se realizarán una vez transcurridos al menos treinta (30) días de la puesta en servicio de la capa, en tanto que las segundas se adelantarán antes de ponerla en servicio.

Los valores promedio de estos parámetros no podrán ser menores que los mínimos admisibles que se muestran en la Tabla 520.9. Ningún valor individual del coeficiente de resistencia al deslizamiento podrá ser inferior al valor indicado en la Tabla en más de diez centésimas (0.10) y ninguno de la profundidad de textura podrá ser inferior en más de veinte por ciento (20%) al promedio mínimo exigido. El incumplimiento de al menos uno de estos requisitos implicará el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, la capa de microaglomerado en caliente correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta en un espesor al menos igual, a satisfacción del Interventor, todo a cargo y costa del Constructor, quedando el material fresado de propiedad de éste. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional, a su costa, del mismo espesor, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta Sección. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas será también de cuenta del Constructor, quien deberá ejecutarlo en acuerdo con los requisitos de la Sección 502 de estas especificaciones.

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 520.9
Resistencia al deslizamiento y profundidad de textura mínimas admisibles para los microaglomerados en caliente

CARACTERÍSTICA	Norma de Ensayo	TIPO DE MEZCLA	
		MM	MF
Resistencia al deslizamiento	INV E-792	0.55	0.60
Profundidad de textura (mm)	INV E-791	1.5	1.1

Se podrán emplear equipos para la verificación de la resistencia al deslizamiento diferentes al descrito en la norma de ensayo INV E-792. En tal evento, se considerarán admisibles valores medidos que correspondan a coeficientes de resistencia al deslizamiento mayores que los mínimos indicados en la Tabla 520.9, de acuerdo con ecuaciones de correlación aceptadas internacionalmente

520.5.6.6 Rugosidad

Debido a su escaso espesor, los microaglomerados en caliente no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada existente. Por tal razón, no se permitirá en general la colocación de la mezcla en obra, hasta tanto no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir cumpla los requisitos que se exigen sobre IRI en el numeral 510.6.6.5 de la Sección 510 de estas especificaciones.

Todas las áreas de microaglomerado en caliente colocado y compactado, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de la presente especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste y del Instituto de Desarrollo Urbano.

520.6 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico ($0.1 m^3$), de microaglomerado en caliente, suministrado y compactado en obra a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo exigido en esta Sección.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor construidos con aprobación del Interventor. No se medirá ningún volumen por fuera de estos límites.

520.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cúbico (m^3), para toda obra ejecutada de acuerdo con esta Sección y aceptada a satisfacción por el 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	

El precio unitario deberá incluir todos los costos relacionados con la adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de licencias ambientales para la explotación de los agregados y la elaboración de las mezclas; las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos y llenante mineral, desperdicios, elaboración de los microaglomerados en caliente, cargues, transportes y descargues de agregados y mezclas; así como la colocación y compactación de las mezclas elaboradas.

El precio unitario deberá incluir, además, los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación, así como los costos de la definición de la fórmula de trabajo, los de todos los ensayos de caracterización, diseño y control, los de la fase de experimentación, así como los correspondientes a administración, imprevistos y utilidades del Constructor.

Con excepción del barrido y soplado de la superficie, se considera que la preparación de la superficie existente se encuentra incluida dentro del ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no forme parte del mismo contrato.

El precio unitario también incluye el suministro, almacenamiento y desperdicios del producto asfáltico utilizado para la elaboración del microaglomerado. En caso de requerirse aditivos mejoradores de adherencia o modificadores diferentes de los polímeros definidos en el numeral 202.2.1, su costo deberá estar incluido también dentro del precio unitario del microaglomerado.

El precio unitario deberá incluir, así mismo, todo costo adicional relacionado con la correcta construcción del microaglomerado, en acuerdo pleno con la presente Sección.

520.8 ITEM DE PAGO

520.1 Mezcla discontinua en caliente MM 10	Metro cúbico (m ³)
520.2 Mezcla discontinua en caliente MM 8	Metro cúbico (m ³)
520.3 Mezcla discontinua en caliente MF 10	Metro cúbico (m ³)
520.4 Mezcla discontinua en caliente MF 8	Metro cúbico (m ³)