

BOLETÍN TÉCNICO No 1

CARACTERIZACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS



Contenido

1. Contexto general
2. Resultados:
 - A. Módulo Resiliente y deformación plástica
 - B. Resistencia a la fatiga
 - C. Daño por humedad

William Fernando Camargo Triana
Dirección General

Juan Carlos Montenegro Arjona
Subdirección General de Desarrollo Urbano

Sully Magalis Rojas Bayona
Dirección Técnica Estratégica

Grupo de Investigación y Desarrollo

Diana Patricia Beltrán
Martha Jimena Bayona
Vicente Edilson Leal Moreno
Oscar Mauricio Velásquez
Jorge Luis Burgos Rosas
Juan Pablo Nieto Mora

Calle 22 # 6-27
Sede alterna: Calle 20 No. 9-20
Código postal: 110311
Teléfono: (571) 338 6660

1. CONTEXTO GENERAL

El Acuerdo 002 de 2009 define en su artículo 10 las funciones de la Dirección Técnica Estratégica, entre las cuales se destacan: i) Realizar la investigación constante de nuevas tecnologías, técnicas y normas en materia de gestión y desarrollo de la infraestructura para los sistemas de movilidad y de espacio público construido y ii) Diseñar y elaborar manuales de especificaciones técnicas para el desarrollo de los proyectos a cargo de la entidad.



Fuente: http://www.idu.gov.co/image/journal/article?img_id=0_ART_MALLA_PROGRAMAS.imagen&version=1.4

Apuntándole al cumplimiento de dichas funciones, la Dirección Técnica Estratégica ha venido adelantando a través del Grupo de Investigación y Desarrollo una serie de proyectos de consultoría y estudios técnicos, con el apoyo de universidades y centros de investigación, para el estudio de materiales y nuevas tecnologías en materia de infraestructura vial, así como para el desarrollo y actualización de especificaciones técnicas.

La malla vial de la ciudad de Bogotá consta de aproximadamente 15.549,5 Km-Carril. Alrededor del 64% de esta malla vial se encuentra construida en pavimento flexible, el cual se debe conservar con actividades de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, para las que se requiere el uso de mezclas asfálticas que cumplan con las especificaciones técnicas vigentes.

En tal sentido, se hace importante para el IDU estudiar el comportamiento de las mezclas asfálticas que se están utilizando y desarrollar especificaciones técnicas para aquellas nuevas tecnologías que garanticen una

mayor durabilidad y mejor desempeño de los concretos asfálticos, propendiendo por aquellas que presenten beneficios ambientales para la mitigación del cambio climático.

*El Instituto de Desarrollo Urbano, en el año 2006 mediante resolución 1959 del 18 de mayo, adoptó las **especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción**, en las cuales se reglamentan las mezclas asfálticas que se emplearán en los proyectos del Distrito Capital, (MD-10, MD-12, MD-20, MG-10, MG-12, MG-20 y MAM). Adicionalmente, en atención a los beneficios ambientales y de reducción del consumo de energía que se definieron en el boletín de sostenibilidad que se encuentra publicado en la web se busca incorporar a la normativa distrital, mezclas asfálticas tibias, ampliando el abanico de posibilidades para atender las necesidades de construcción y conservación de la malla vial de Bogotá.*

Es fundamental para la Entidad conocer el desempeño y comportamiento de los materiales que se están empleando en los proyectos de construcción y conservación de la malla vial, para disponer desde el diseño, de las herramientas necesarias para atender las solicitudes que las cargas de tránsito (dinámicas) le imponen a los pavimentos, y reducir la incertidumbre del material con el cual posteriormente se construirá la estructura de pavimento, y controlar en obra que los materiales especificados en el diseño sean los finalmente instalados. Por otra parte, el conocimiento de propiedades dinámicas de desempeño facilita el control durante la construcción y la toma de decisiones durante la ejecución de la obra, además, en las etapas de conservación es posible predecir cuál es el deterioro teórico que sufrirán las capas de rodadura.

Con el apoyo de los recursos del Banco Mundial, el IDU suscribió con la Pontificia Universidad Javeriana los contratos 038 y 039 de 2012 con el objeto de realizar la caracterización dinámica de mezclas asfálticas colombianas y mezclas asfálticas tibias, respectivamente. Para estos proyectos se fabricaron mezclas asfálticas con asfaltos colombianos, agregados pétreos de fuentes ubicadas en la zona de influencia de Bogotá, y aditivos disponibles en el mercado (para el caso de las mezclas asfálticas tibias) con el fin de reproducir la realidad productiva de estos materiales en

la ciudad. Una vez fabricados estos materiales, se procedió a someterlos a diferentes ensayos de laboratorio para poder evaluar su comportamiento y desempeño.

Durante este proceso se realizaron pruebas para caracterizar el comportamiento dinámico de las MAT en comparación con una MAC de control. **Los ensayos ejecutados en este proyecto incluyen: Medición de los módulos dinámicos, las leyes de fatiga, la evaluación de la susceptibilidad de la mezcla al daño por humedad mediante el TSR (por sus siglas en inglés Tensile Strength Ratio) y la resistencia a la deformación plástica.**

La ley de fatiga de un material permite predecir y conocer la resistencia de un material al fisuramiento debido a la aplicación repetitiva de carga. El TSR es un ensayo que permite medir la susceptibilidad al daño por humedad de materiales estabilizados, en atención a que la presencia de agua en las mezclas asfálticas reduce su capacidad estructural al debilitar la unión entre el agregado y el ligante asfáltico. El ensayo de deformación plástica permite evaluar la susceptibilidad de la mezcla asfáltica a presentar ahuellamiento, el cual se produce debido a la aplicación repetitiva de esfuerzos cortantes sobre el material.

Durante la etapa de caracterización de los materiales básicos se encontró lo siguiente:

Los agregados pétreos empleados para la fabricación de las mezclas asfálticas en caliente y tibias de los dos proyectos provinieron de fuentes de material que se encuentran inscritas en el Directorio de Proveedores del IDU. Se ejecutaron los ensayos de caracterización básicos exigidos por las Especificaciones IDU – ET – 2011, cumpliendo éstos con todas las características de petrografía, dureza, durabilidad, geometría y resistencia. Se observa, que el agregado pétreo empleado es de buena resistencia a desintegrarse y presenta partículas con formas ideales (redondeadas con caras angulares y fracturadas con muy poco contenido de partículas alargadas y aplanadas) para desarrollar un buen esqueleto granular que ayude en procesos de compactación de mezclas asfálticas, así como a resistir cargas estáticas, dinámicas o de impacto. Adicionalmente se observa que las partículas finas no presentan contenido de arcilla, materia orgánica en exceso o de polvo que generen disminución de adherencia entre el agregado pétreo y el asfalto, y disminución de resistencia y durabilidad de la mezcla por exceso de finos o contaminantes.

En Colombia se producen dos tipos de cemento asfáltico el primero de penetración 60/70 y el segundo de penetración 80/100. Para los dos proyectos del IDU se emplearon asfaltos de clasificación 60/70 (provenientes de Apiay y de Barrancabermeja), para la producción de mezclas asfálticas en atención a que son asfaltos más duros que presentan un mejor

desempeño para las condiciones climáticas de Bogotá y son los ligantes de mayor uso en las obras del IDU. Para el caso específico de las mezclas asfálticas de alto módulo MAM 20 se utilizó asfalto tipo V. Todos los cementos asfálticos evaluados cumplieron con las exigencias de caracterización reológica establecidas en las Especificaciones IDU – ET – 2011. Comparando los asfaltos CA 60-70 convencionales, el asfalto producido en Apiay presenta mejor grado de desempeño que aquel producido en Barrancabermeja, lo que se traduce en mayor resistencia a las deformaciones permanentes en climas de alta temperatura, mayor resistencia al envejecimiento a largo plazo y al agrietamiento en temperaturas intermedias. El asfalto modificado tipo V presenta una mayor rigidez que los CA 60-70 convencionales (sin modificar). Lo anterior hace prever la utilización del asfalto modificado tipo V en vías donde se requiera fabricar mezclas más rígidas que las convencionales (p.e., mezclas de alto módulo), que experimenten mayor resistencia a las deformaciones permanentes (ahuellamiento) y que soporten tráfico pesado.

Para la producción de las mezclas asfálticas tibias se emplearon dos aditivos de naturaleza química que tuvieran representación en Colombia. Dichos aditivos son tratados como producto I y producto II, con el fin de evitar promover comercialmente a un proveedor en particular.

2. RESULTADOS

A. Módulo Resiliente y deformación plástica

De acuerdo con lo establecido en las Especificaciones IDU – ET – 2011, se evaluó el módulo resiliente de las mezclas asfálticas de los dos proyectos a través del ensayo de tensión indirecta (Norma INV E -749). Todas las mezclas asfálticas en caliente y tibias evaluadas cumplen con los valores que actualmente están estandarizados por la especificación IDU (Instituto de Desarrollo Urbano IDU).

De acuerdo a los resultados de los ensayos de tracción indirecta bajo carga cíclica del tipo resiliente sobre

mezclas asfálticas en caliente se encontró, que la rigidez de la mezcla MD12 fabricada con CA 60-70 de Apiay es ligeramente superior a la fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja debido principalmente a la mayor rigidez del asfalto producido en Apiay. Contrario a lo anterior, las mezclas MG20 y MS25 experimentan ligeramente mayor rigidez a temperaturas de 10° C y 20° C cuando se emplea para su fabricación CA 60-70 de Barrancabermeja. Las mezclas convencionales fabricadas con asfalto CA 60-70 que experimentaron por lo general, la mayor y menor rigidez para cualquier

temperatura y frecuencia de carga en los ensayos, fueron la MG20 y la MD12 respectivamente. Lo anterior es debido principalmente a la presencia de agregados pétreos más gruesos en la mezcla MG20 en comparación con aquellos que se utilizan para la fabricación de mezclas MD12.

Como era de esperarse, se observó un incremento del módulo cuando se aumenta la frecuencia de carga y disminuye la temperatura del ensayo. Adicionalmente, se encontró que la mezcla con la mayor rigidez bajo carga cíclica la experimenta la MAM20. Lo anterior es debido principalmente a que la mezcla MAM20 emplea un ligante asfáltico modificado más viscoso y rígido (cemento asfáltico modificado tipo V) en comparación con los empleados para la fabricación de las mezclas MG20, MS25 y MD12 (cemento asfáltico tipo CA 60-70 proveniente de Apiay y Barrancabermeja). En comparación con la mezcla MG20, la mezcla MAM20 experimentó un incremento promedio en su rigidez de 30% y 46% cuando la temperatura de ensayo fue de 20° C y 30° C respectivamente. Este incremento promedio fue de 83% y 138% para temperatura de ensayo de 20° C y 30° C respectivamente cuando se comparó con la mezcla MD12. Lo anterior hace prever la utilización de mezclas tipo MAM20 en vías donde se requiera alta resistencia a las deformaciones permanentes (ahuellamiento), que soporten tráfico pesado combinado con alto número de circulación de

dicho tráfico, y en la conformación de capas asfálticas gruesas (superiores a 12 cm) donde el modo de carga por fatiga que experimente dicha capa sea el de esfuerzo controlado.

Las mezclas asfálticas tibias mostraron un incremento que varía entre el 10% y el 50% en la rigidez con respecto a las mezclas asfálticas en caliente, lo cual puede reflejarse en una mayor resistencia a la deformación plástica bajo cargas cíclicas, reduciendo la susceptibilidad de las mezclas al ahuellamiento, un tipo de deterioro a nivel superficial en el cual se generan deformaciones verticales en el pavimento bajo la huella de los neumáticos de los vehículos que transitan sobre estructuras de pavimento, cuya rodadura no ha alcanzado la rigidez necesaria para resistir los esfuerzos cortantes.

Con el ánimo de evaluar el desempeño a corto y largo plazo de las mezclas asfálticas tibias se acondicionaron las probetas bajo procesos de envejecimiento de corto plazo (STOA por sus siglas en inglés de short term oven aging) y de largo plazo (LTOA por sus siglas en inglés de long term oven aging). Los resultados de este proceso sugieren que las mezclas asfálticas tibias pueden tener una mayor resistencia a la oxidación que las mezclas asfálticas en caliente tradicionales, lo cual se puede reflejar en una mayor resistencia al fisuramiento.

B. Resistencia a la fatiga

Tradicionalmente existen dos modos para realizar ensayos de fatiga sobre mezclas asfálticas:

- | | |
|----------|-----------------------------|
| 1 | Bajo deformación controlada |
| 2 | Bajo esfuerzo controlado |

El primero es comúnmente empleado para simular el comportamiento real de los materiales asfálticos durante su periodo de servicio. El segundo permite controlar la homogeneidad de la producción de mezclas asfálticas. Teniendo en cuenta el objetivo de los proyectos, los ensayos fueron ejecutados bajo deformación controlada.

Con base en los resultados de los ensayos de resistencia a la fatiga, se observa que la mezcla MD12 fabricada con CA 60-70 de Apiay experimenta mayor resistencia a fatiga en comparación con la fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja. La vida a fatiga (entendida como el número de ciclos de carga que es

capaz de resistir bajo una determinada aplicación de carga cíclica) es superior cuando la mezcla MD12 se fabrica con CA 60-70 de Apiay en comparación con aquella fabricada con CA 60-70 de Barrancabermeja. Lo anterior induce a pensar, que en la conformación de capas asfálticas gruesas (espesores superiores a 12 cm), las mezclas MD12 fabricadas con CA 60-70 proveniente de Apiay experimentarán mayor vida a fatiga en comparación a aquellas fabricadas con CA 60-70 de Barrancabermeja. Sin embargo en capas asfálticas delgadas (espesor inferior o igual a 5 cm) las mezclas MD12 fabricadas con CA 60-70 proveniente de Apiay experimentarán menor vida a fatiga. La mezcla MD12 fabricada con ambos tipos de asfalto

C. Daño por humedad

La determinación de la susceptibilidad de las mezclas asfálticas a presentar daño por humedad se realizó mediante el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma INV E -725.

De acuerdo a los resultados de los ensayos de resistencia de una mezcla asfáltica al daño por humedad, se puede concluir que todas las mezclas asfálticas en caliente evaluadas (MD 12, MS 25, MG 20 y MAM 20) cumplen con los valores que actualmente están estandarizados en la especificación, donde se establece que La resistencia del grupo curado en húmedo deberá ser, cuando menos, ochenta por ciento (80%) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

Para el caso de las mezclas asfálticas tibias la resistencia conservada puede alcanzar el 90%, debido a que los aditivos químicos por lo general contienen

experimentó similar deformación a tensión en el estado de falla. Para el caso de las mezclas MS25 y MG20 se observa que la resistencia a la fatiga es similar cuando se fabrican con ambos tipos de asfaltos (CA 60-70 provenientes de Apiay y Barrancabermeja).

Los resultados del ensayo de resistencia a la fatiga mostraron que las mezclas asfálticas tibias presentan un comportamiento similar al de las mezclas asfálticas en caliente cuando se encuentran en estado natural y superior cuando son sometidas a procesos de envejecimiento. Lo anterior sugiere que las mezclas asfálticas tibias podrían presentar una mayor durabilidad frente a la aplicación repetitiva de cargas.

aditivos que pueden mejorar la adherencia entre los agregados y el ligante asfáltico, generando una mayor resistencia a procesos de deterioro asociados a la humedad.

Actualmente, el Grupo de Investigación y Desarrollo en conjunto con expertos de la Subdirección General de Infraestructura se encuentran realizando una revisión de la sección 510 de las Especificaciones Técnicas IDU – ET – 2011, para la cual se han tenido en cuenta los resultados producto de la ejecución de los dos proyectos. En dicha actualización se incluirán las exigencias mínimas para las mezclas asfálticas tibias. Una vez sea adoptada dicha actualización se realizará una jornada de capacitación para todos los funcionarios del IDU.