

Mezclas asfálticas

Caracterización dinámica de una mezcla asfáltica drenante con adición de desechos plásticos mediante técnicas de banco de fatiga

Ing. PhD Fredy A. Reyes L.
Ing. Luis A. Mantilla
Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia
Ing. M.Sc Oscar Reyes
Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia

Resumen

Este artículo describe la realización de ensayos dinámicos destructivos y no destructivos en el laboratorio sobre un material asfáltico drenante con adición de polietileno reciclado en tiras, proveniente de las bolsas de leche, a fin de determinar sus características y rango óptimo de temperaturas para su uso.

El material plástico es introducido en la mezcla asfáltica en el momento de mezclado del granular y el asfalto, en tiras de aproximadamente 40mm x 50mm.

Los ensayos de módulo dinámico se realizaron a 10, 20 y 30°C y a 1.6, 2.5 y 5.0 Hz de frecuencia; las leyes de fatiga se ejecutaron para tres deformaciones diferentes y para las temperaturas de 15, 25 y 35°C, Los ensayos

de ahuellamiento se realizaron por metodología LCPC Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de Francia a 60 °C y a 42 r.p.m.

Los resultados principales obtenidos fueron los rangos óptimos de temperatura para el empleo del material, los porcentajes de mejoramiento en las propiedades reológicas y drenantes.

1. Introducción

El objeto y justificación de esta investigación es compensar mecánicamente, la pérdida de resistencia que tendría un mezcla asfáltica al retirarle la mayor parte de los finos para convertirla en mezcla drenante, esto se ha logrado mediante la adición de desperdicios plásticos en forma de tiras plásticas. Se consigue básicamente un material drenante que no sufre ante la fatiga ya que con la adición del plástico se da una importante recuperación elástica por el refuerzo que dan las tiras plásticas lo que impide la propagación de fisuras.

2. Ensayos realizados

Se verificaron las propiedades de una mezcla drenante de granulometría española PA-12 como se muestra en la Tabla N°1, para la mezcla convencional y con adición de desechos plásticos, (la textura se aprecia en la Figura N°1) las probetas fueron solicitadas en el banco de fatiga para 3 temperaturas: ambiente (+/- 15 °C, ambiente +10 °C y ambiente + 20 °C), y para cada temperatura se solicitaron a 3 amplitudes distintas : 90, 150 y 210 centésimas de mm, fallando 8 probetas por punto (4 sin adición y 4 con adición de plástico). Siendo en total 96 probetas. El equipo de fatiga se ilustra en la Figura N°2.

Tabla 1 Granulometría mezcla drenante PA-12 empleada

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA	PORCENTAJE RETENIDO
¾ "	100	0
½ "	90	10
3/8 "	65	25
No. 4	23	42
No. 10	16	7
No. 40	9	7
No. 200	3	6
Fondo	0	3

Figura 1 Textura de una mezcla convencional y una mezcla drenante



Posteriormente se realizan pruebas de ahuellamiento en la máquina de tipo Wheel track según metodología del LCPC, verificando de nuevo las diferencias entre realizar o no la adición de las tiras plásticas. El ensayo se realiza a 60 °C con una presión de 0.9 MPa. El equipo se muestra en la Figura N°3.

Igualmente se realizaron los ensayos de Módulos dinámicos en el tradicional equipo NAT (Nottingham Asphalt Tester), equipo servo-hidráulico mostrado en la Figura N°4, que fue desarrollado por Cooper Research Technology Limited en Inglaterra, consta de cuatro componentes principales: el marco de carga (A), el sistema hidráulico (B), el sistema de adquisición de datos y módulo de control (C), y la cámara de temperatura controlada (D).

3. Principales resultados

3.1 Caracterización de los materiales

Con el fin de llevar a cabo los objetivos, deberán ser realizados los ensayos normalizados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) sobre el material pétreo y asfáltico, con el fin de lograr una fácil incursión del material a caracterizar; a los materiales granulares se les realizaron los ensayos de caracterización que se encuentran en la Tabla N°2 y para el asfalto los ensayos que se encuentran en la Tabla N°3.

3.2 Características de la mezcla asfáltica con y sin adiciones de plástico

Se realizó el diseño de la mezcla asfáltica drenante convencional y con adiciones hasta del 0.6% de desecho plástico por la metodología Marshall teniendo en cuenta 5 porcentajes distintos de asfalto (4.5%, 5%, 5.5% 6% y 6.5%) obteniéndose que el porcentaje óptimo tanto en estabilidad como en flujo fue de 6% de contenido de asfalto.

Sin embargo, dado el carácter de la mezcla drenante se procedió a realizar un ensayo más significativo que es el ensayo Cantabro para el cual se obtuvo un porcentaje óptimo de 5.8%, tal como se ilustra en el Gráfico N°1.

3.3 Permeabilidad

Para verificar las incidencias en la capacidad drenante de la adición de plástico se realizó el ensayo de permeabilidad de las mezclas asfálticas. Este ensayo

Equipo de fatiga de mezclas asfálticas, con probetas trapezoidales

Figura 2



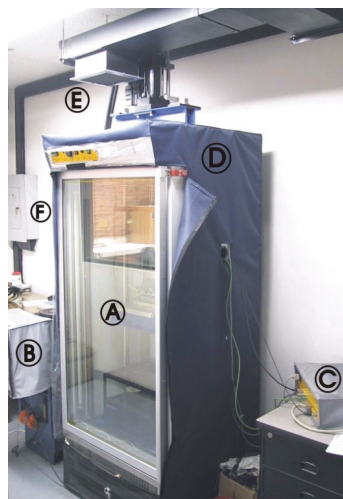
Equipo Wheel track o de ahuellamiento

Figura 3



Equipo NAT Nottingham Asphalt Tester

Figura 4



permitió determinar el coeficiente de permeabilidad mediante el método de cabeza variable para el flujo laminar de agua a través de la mezcla asfáltica abierta, obteniéndose los siguientes resultados que se presentan para el incremento del plástico desde 0% a 0.6% cuyo incremento se muestra en la Tabla N°4 y se cuantifica en una mejora del 14%.

Tabla 2

Ensayos realizados sobre los materiales granulares

Índice de alargamiento de agregados (I.N.V E-230)	25 %
Índice de aplanamiento de agregados (I.N.V E-230)	29 %
Porcentaje de caras fracturadas en los agregados (I.N.V E-227)	78 %
Ensayos de contenido de materia orgánica norma I.N.V. E-122	3 %
Abrasión de agregado grueso máquina de los ángeles (NTC 98)	38 %
Peso específico agregado fino - método frasco de chapman	2,44 (g/cm ³)
Peso específico y absorción agregado grueso (NTC 176)	2,57 (g/cm ³)

60°C una presión de 0.662 MPa que es equivalente a las 13 toneladas del eje equivalente de la metodología racional.

Se efectuaron ensayos sobre el material virgen (línea azul), material con adición al 0.6% de polietileno (línea roja) y adicionalmente con otro polímero al 1% Poliestireno o icopor (línea verde). Se obtuvo la siguiente evolución del ahuellamiento en mm en función del número de repeticiones de la carga. Gráfico N°2.

Las deformaciones debidas al ahuellamiento disminuyen en un 30% al emplear una adición de desperdicio plástico correspondientes al 0.6% en peso.

En cuanto a la reducción de las deformaciones permanentes se puede observar que el incremento de las propiedades mecánicas en el caso del material con adición de icopor, es superior al del plástico.

Los ensayos mostraron que aún excediendo los valores de la norma NFP 98-260-1 (90-150-210/100mm) el factor de fatiga no se manifiesta en mezclas drenantes. De igual manera se procedió a efectuar un montaje experimental, simulando el ensayo de flexión en vigas de concreto a fin de determinar la deformación que genera la falla en la mezcla.

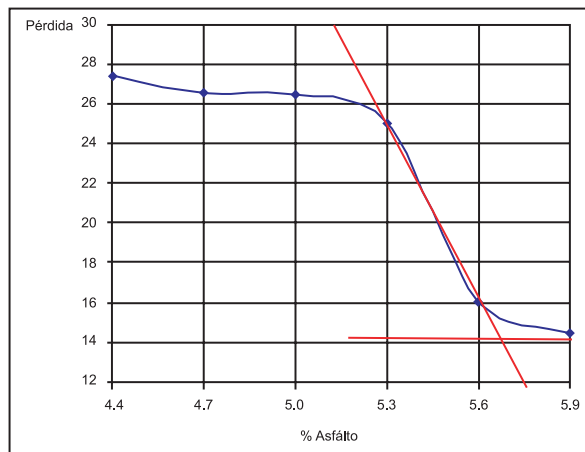
Tabla 3

Ensayos realizados sobre el material asfáltico

Ensayo	Valor obtenido
Peso Específico a 25°C / 25°C	1.022
Penetración, 100 g, 5 s., a 25°C, (0,1 mm)	89
Punto de chispa, (°C)	215
Ductilidad a 25°C, (cm)	>150
Punto de ablandamiento (Anillo y bola) (°C)	50.5
Viscosidad cinemática, 135°C, (cSt)	270

Gráfico 1

Resultados del óptimo de contenido de asfalto según el ensayo de Cantabro



Aplicando una deformación controlada de 3 mm/minuto se obtuvo deflexiones 268 mm antes del inicio de la fisura y 450 mm antes de la ruptura. Sin embargo, las experiencias demostraron que al aplicar menores velocidades en el proceso, se efectúa una recuperación del material provocando mayores deformaciones y evitando la falla por ruptura de la probeta. Figura N°4 a y b.

La imagen **a** de la Figura N°5 corresponde a una velocidad de 0.5 mm/min se evidencia frente a la probeta sin ensayar del centro un intento de recuperación, contrario a la imagen **b** de la Figura N°5 donde es claro que una vez efectuada la ruptura el material queda permanentemente deformado.

- **Módulos Dinámicos Obtenidos a partir del equipo N.A. T.**

Debido a que la mezcla drenante bajo la acción de las cargas presenta grandes deformaciones, en el ensayo de módulo dinámico los datos no logran ser capturados para el material virgen, por su baja resistencia a altas temperaturas. Este fenómeno se hace evidente a

3.4 Análisis dinámico

3.4.1 Ahuellamiento

El principio es aplicar sobre una placa de 30 cm de largo, 15 cm de profundidad y 10 cm de espesor a

la temperatura de 35 °C; sin embargo, al adicionar desperdicio plástico, la resistencia se incrementa y el ensayo de módulo dinámico se realiza sin problemas. Esto implica una gran ventaja al ampliar el rango de uso de la mezcla.

De acuerdo con estos valores, la mezcla presenta sus más altos valores de módulo a 25 °C, esto implica que su uso es recomendado para zonas de clima templado con tendencia al frío.

4. Conclusiones

-Las mezclas bituminosas drenantes proporcionan una mayor seguridad que las tradicionales, al lograr un drenaje rápido del agua de lluvia eliminándola de la superficie de la carretera y generar un mejor contacto rueda-superficie.

-Las mezclas drenantes constituyen capas de rodadura más confortables que las tradicionales y de menor impacto ambiental por su baja sonoridad, eliminación total de las salpicaduras que origina el tráfico en las superficies mojadas de otros tipos de pavimentos, así como de los reflejos de las luces de los vehículos sobre dichas superficies en la conducción nocturna, debido a su textura.

-La disposición o no de una capa de rodadura porosa no debe plantearse nunca en términos estructurales.

-El buen funcionamiento de la estructura drenante depende de 3 factores principales:

1. Capacidad portante de la capa inferior adecuada.
2. Condición de impermeabilidad de la capa inferior.
3. Adecuada disposición de los drenajes laterales.

-De acuerdo con los resultados del ensayo de fatiga, se obtuvo una mezcla que gracias a su granulometría y sus adiciones no presenta deterioro en el parámetro de fatiga de acuerdo con la NFP 98 260-1. La norma NFP 98 260-1, en términos generales es un ensayo sobre al menos 3 diferentes sollicitaciones e_6 de 90×10^{-6} , e_6 de 150×10^{-6} y e_6 de 220×10^{-6} cada una de ellas con 4 probetas, se estima que una buena mezcla asfáltica drenante tenga un e_6 superior a 150×10^{-6} , esta mezcla superó un e_6 de 220×10^{-6} y más de 10.000.000 Diez millones de repeticiones sin romperse.

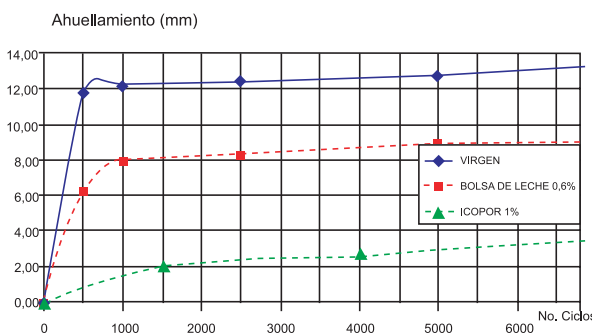
Aumento de la permeabilidad de la mezcla con el uso del desecho plástico

Tabla 4

% óptimo de asfalto	% óptimo de polímero	Permeabilidad K (cm/seg)	Permeabilidad relativa
5,7%	0,0%	6,17E-03	Moderadamente permeable
5,7%	0,6%	7,03E-03	Moderadamente permeable

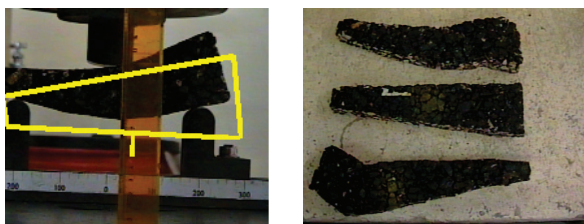
Evolución del ahuellamiento en función de las repeticiones de carga

Gráfico 2



Deformación de una probeta trapezoidal bajo carga

Figura 5 (a y b)



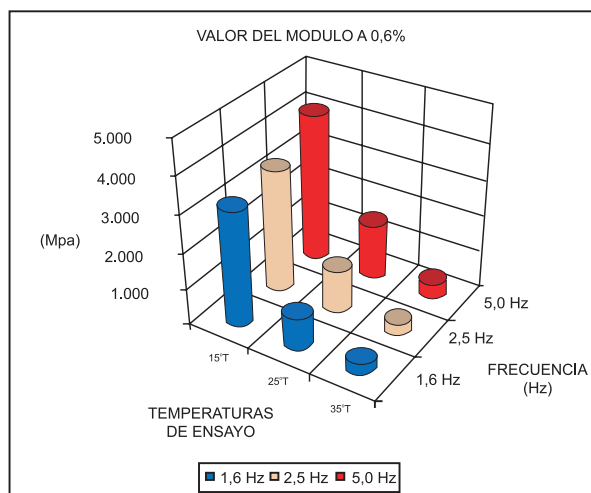
a

b

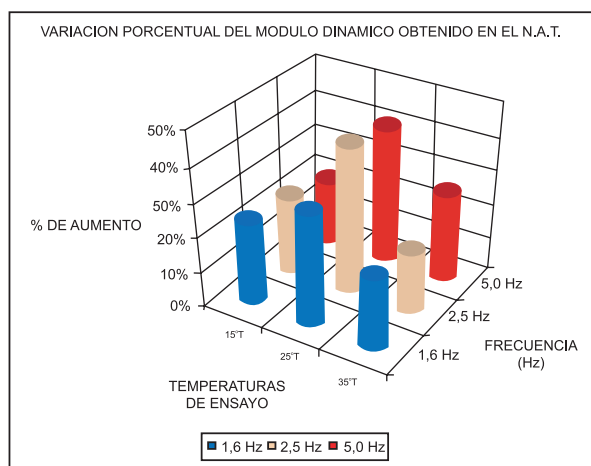
-La incorporación de un desecho plástico en la mezcla es una alternativa viable para la reutilización y disminución del impacto nocivo en el ambiente de un producto perjudicial como lo es el polietileno, dados sus periodos de degradación.

-Las adiciones de material polimérico generan un incremento en todas las propiedades de la mezcla (14% para permeabilidad, de $6,17 \times 10^{-3}$ a $7,03 \times 10^{-3}$, 30% en ahuellamiento, de 12 mm a 8 mm; 35% en promedio para módulo dinámico y la disminución de espesores es de 10,7%, de 15 cm a 13,4 cm). Esto implica que en un diseño de una estructura de pavimento, la vida útil se verá incrementada en un gran número de años frente a una estructura sin adiciones, pues los parámetros mejorados son los que describen la resistencia del material.

Figura 3 (a y b) Variación porcentual del módulo dinámico y valor absoluto en MPa.



a



b

-Si en vez de procurar una estructura de igual espesor se busca optimizar el diseño para el mismo rendimiento que una tradicional, el espesor se verá disminuido lo cual implica no sólo una disminución de costos sino una ayuda al medio ambiente al darle un adecuado manejo a los desechos plásticos y un uso mejorado de los ligantes hidrocarbonados.

-Se resalta que este tipo de mezclas drenantes son muy susceptibles a la colmatación por lo que es necesario establecer periódicamente (aproximadamente cada año) un mantenimiento consistente en el lavado y aspiración de los finos que se van depositando en el interior de dicha mezcla, proveniente del polvo y contaminación propia del ambiente.

Referencias bibliográficas

ASEFMA. (Asociación Española de fabricantes de mezclas asfálticas). Octubre de 1990. Seminario sobre mezclas bituminosas drenantes. Madrid, Edita Asociación técnica de carreteras.

ICP & ECOPETROL. 1999 Cartilla Práctica para el Manejo de los Asfaltos colombianos.

INVIAS. (Instituto Nacional de Vías). Especificaciones generales de construcción de carreteras/Pavimentos asfálticos. Artículo 451-96. Mezcla abierta en caliente.

Pontificia Universidad Javeriana. -LIDIC 2. Octubre de 1999. Caracterización de mezclas bituminosas drenantes utilizando asfaltos modificados con agregados de la sabana de Bogotá aplicando tecnología NAT (Nottingham Asphalt Tester).

Montejo Fonseca, Alfonso. 1998. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Segunda edición. Bogotá. Impreandes.

Reyes Ortiz, Oscar Javier. 1997. Tesis de grado: Mejoramiento de una capa de las propiedades mecánicas de una capa de asfalto con desperdicio plásticos. Bogotá. Universidad de los Andes.

Reyes Ortiz, Oscar Javier. 1998. Tesis de grado: Uso de desperdicios plásticos para mejorar las propiedades mecánicas de la estructura del pavimento. Bogotá. Universidad de los Andes.

Reyes Lizcano, Fredy. 2002. Efecto de las fibras plásticas en la flexión de estructuras de pavimentos drenantes. Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana.

Reyes Lizcano, Fredy. 2002. Construcción de un prototipo para el estudio de las leyes de fatiga en mezclas asfálticas. Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana.

Reyes Lizcano, Fredy. 2003. Diseño por Métodos Racionales. Tomo I Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana.

Sánchez Sabogal, Fernando. 1988. Manual de laboratorio de pavimentos. Pontificia Universidad Javeriana.

Pérez., F. y Gordillo, J. 1990. Optimization of Porous Mixes through the use of Special Binders. Transportation Research Record, Número 12 p. 59-68, Washington.