

Incidencia en las propiedades del asfalto y de una mezcla asfáltica MDC-1 al adicionar SBR

Reyes, Fredy A.
Universidad Javeriana
Reyes O, Oscar
Universidad Militar Nueva Granada

1. Introducción

Como es conocido la utilización de Polímeros en la preparación de mezclas asfálticas data de hace más de medio siglo. En los países con mayor avance tecnológico se efectúan ensayos de laboratorio relacionados con el comportamiento de las mezclas asfálticas modificadas con polímeros. Se elaboran proyectos, para mejorar el rendimiento de los pavimentos con el consecuente beneficio al lograr periodos de diseño y de vida útil mucho mayores que el de los pavimentos convencionales. Con la adición de estos polímeros se pueden lograr resistencias mayores del pavimento en cuanto al ahuellamiento, susceptibilidad térmica, fatiga, deformación a altas temperaturas, fracturamiento a bajas temperaturas, etc., reduciendo además los costos de mantenimiento.

En el mundo se vienen utilizando mezclas asfálticas modificadas desde el año 1975. Los resultados que se han obtenido son muy exitosos, tal como se confirma

en el Estudio de Beneficio Económico efectuado por el Departamento Técnico de ULTRAPAVE, según el cual al comparar el comportamiento de un pavimento construido con mezcla asfáltica modificada con polímeros SBR, este alcanza un aumento en su vida útil de un 58 %, con alto coeficiente de Beneficio – Costo con respecto a un pavimento construido con mezcla asfáltica sin modificar.

2. Metodología

En la Figura No. 1, se muestra el diagrama de flujo correspondiente a la metodología empleada en el desarrollo de la investigación.

2.1 Determinación granulométrica

La granulometría que se empleó en la investigación es la denominada MDC-1 (Figura No. 2) empleada en la construcción de pavimentos en Colombia, según la reglamentación del Instituto Nacional de Vías.

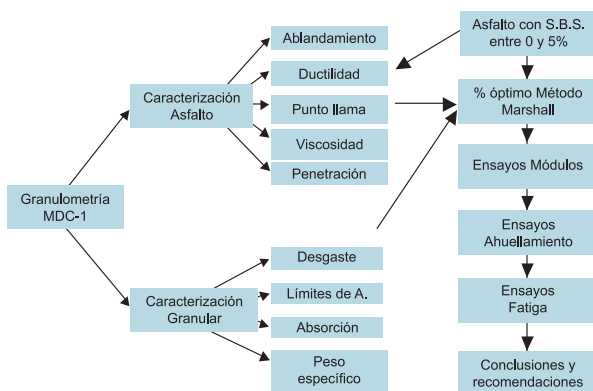
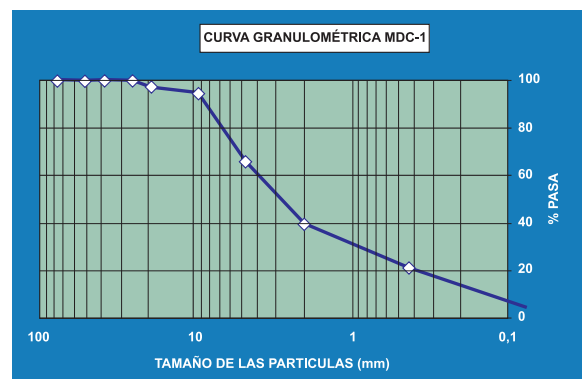


Figura No. 1: Diagrama de flujo de la metodología de la investigación



2.2. Caracterización del material granular

El material granular se caracterizó por medio de los ensayos de laboratorio que se referencian en la Tabla No. 1.

Ensayo	Norma	Resultado
Absorción agregado grueso	ASTM C 127	3,34%
Peso Específico aparente	ASTM C 127	2,39
Absorción agregado fino	ASTM C128	1,77%
Peso Específico aparente	ASTM C 128	2,50
Desgaste agregados	ASTM C 535	25,6%

Tabla No. 1: Resultado ensayo material granular

2.3. Caracterización del asfalto

El asfalto empleado en la investigación es producido por ECOPETROL y posee las características de la Tabla No. 2.

Ensayo	Norma	Resultado
Penetración	ASTM D 5-97	70/90
Ductilidad	ASTM D113-99	97 cm
Viscosidad	ASTM D2170-95	1500
Ablandamiento	ASTM D36-95	53°C
Punto de ignición y llama	ASTM D3143-98	288°C Y 311°C

Tabla No. 2: Ensayos caracterización del asfalto

2.4. Determinación porcentaje óptimo de asfalto

Con los materiales caracterizados, y mediante la metodología del ensayo Marshall, se determinó el porcentaje óptimo de asfalto en 5,5%. Los resultados son los que aparecen en la Tabla No. 3 .

Ensayos	Resultados
Estabilidad (Kilogramos)	1181
Flujo (1/10")	15
Peso unitario (Kg/cm3)	2,372
% Vacíos de aire	7,9
% Vacíos agregado mineral	15,88

Tabla No. 3: Resultados ensayo Marshall

3. Análisis de resultados

Los resultados de la investigación se analizaron en dos etapas, la primera para la determinación de la incidencia del asfalto en las propiedades reológicas del asfalto y la segunda el efecto del asfalto modificado en las propiedades mecánicas y dinámicas de la mezcla asfáltica. El asfalto se modificó con SBS entre los porcentajes del 1 al 5%, con incrementos del 1%.

La primera etapa, se inició con el ensayo de penetración a 20, 25 y 30°C, los resultados aparecen en la Figura No. 3.

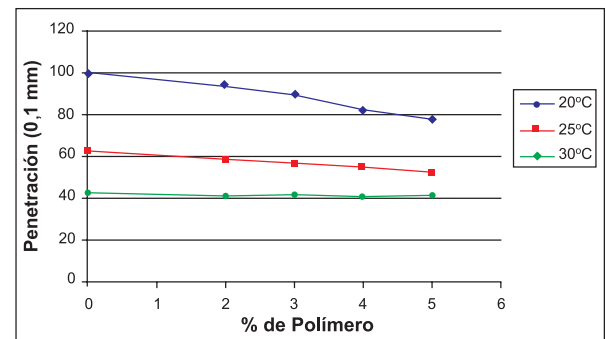


Figura No. 3: Penetración Vs. Porcentaje de Polímero en el Asfalto

Se puede analizar que en la medida que se incrementa el porcentaje de SBS, la deformación disminuye, teniendo sus mayores valores de decremento para los ensayos realizados a 30°C. En términos coloidales, se puede decir que con la adición de polímero, la fase de asfaltenos domina en la estructura del asfalto, ya que el polímero reacciona con los maltenos en el momento de su incorporación. Este comportamiento es más perceptible a medida que se incrementa la temperatura.

El segundo ensayo utilizado fue el punto de ablandamiento con el equipo anillo y bola, los resultados obtenidos aparecen en la Figura No. 4 y se puede determinar que en la medida que se introduce mayor porcentaje de SBS en el asfalto, la temperatura al punto de ablandamiento se incrementa

en forma exponencial, alcanzando valores de 65°C para la adición del 5%. Con esto se puede establecer que a mayor porcentaje de polímero, mayor será la resistencia a las deformaciones permanentes.

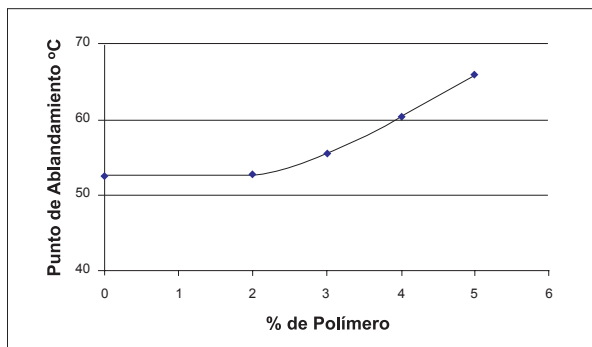


Figura No. 4: Punto de ablandamiento anillo y bola Vs. Porcentaje de Polímero

El tercer ensayo ejecutado fue el de ductilidad, Figura No. 5, determinando que en la medida que se introduce SBS al asfalto, se presenta una mayor elongación al asfalto, hasta un valor máximo con la adición del 4%. Todas las muestras ensayadas con SBS cumplen con los requisitos de tener más de 100 centímetros, sin embargo el asfalto base tiene 97 centímetros.

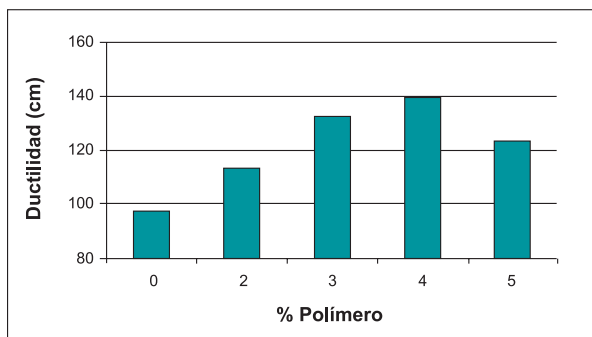


Figura No. 5: Ductilidad Vs. Porcentaje de Polímero

El cuarto ensayo ejecutado fue el de punto de llama e ignición, Figura No. 6, de la cual se puede concluir que no existe un efecto significativo de adicionar el polímero en la temperatura de llama e ignición.

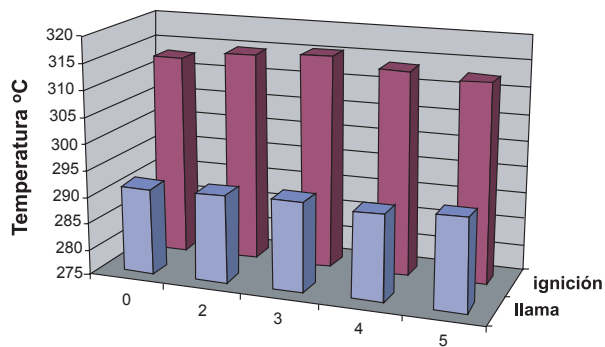


Figura No. 6: Punto de llama e ignición mediante copa abierta de Cleveland

incrementa el porcentaje de polímero, el tiempo para determinar la viscosidad crece en forma exponencial, alcanzando para el 3% un valor del más del 600% de incremento. Debido a su comportamiento solo se hizo hasta el 3%.

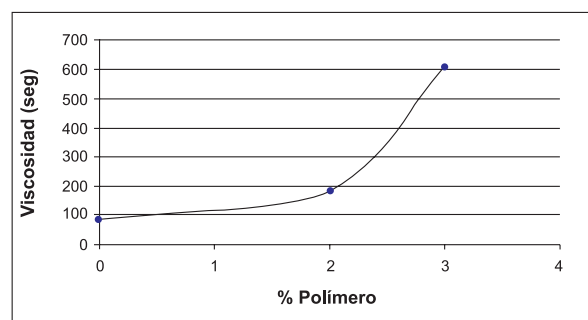


Figura No. 7: Viscosidad Saybolt-Furol Vs. porcentaje de polímero

La segunda etapa de la investigación, se inició con los ensayos de estabilidad, flujo, densidad, módulo dinámico, ahuellamiento y ley de fatiga, al modificar el asfalto que se utilizó en la mezcla asfáltica.

En la Figura No. 8, se observa que en la medida que se incrementa el porcentaje de SBS, la estabilidad aumenta sin importar el porcentaje de asfalto utilizado. Con respecto a la muestra base, se determinó que la estabilidad aumentó aproximadamente para el porcentaje óptimo de asfalto un 100%.

El último ensayo realizado fue el de viscosidad, Figura No. 7, el cual determinó que en la medida que se

En la Figura No. 9, se observa que para la muestra base, la deformación está dentro de los parámetros

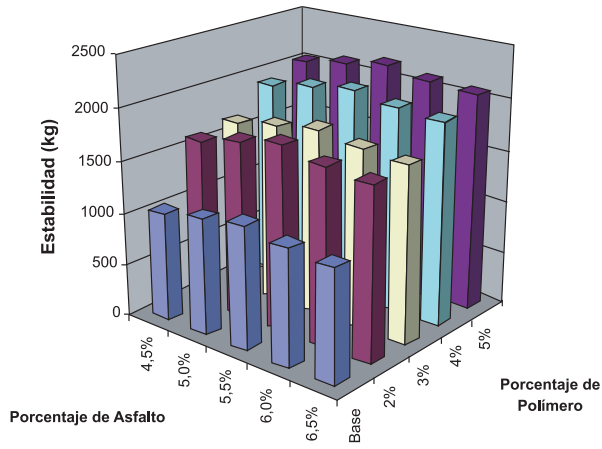


Figura No. 8: Estabilidad de las mezclas modificadas y mezcla base

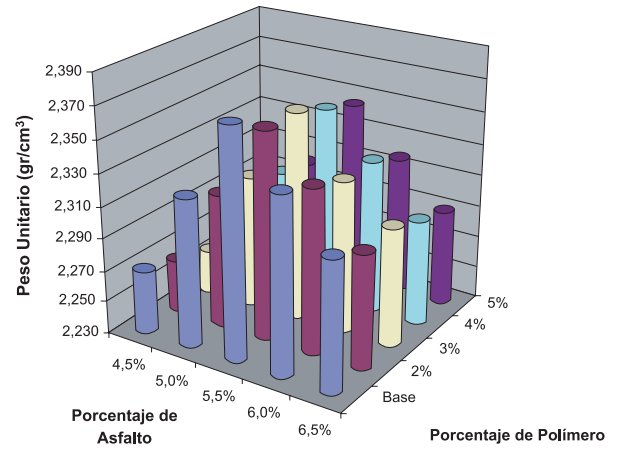


Figura No. 10: Peso unitario de las mezclas modificadas y mezcla base

establecidos, sin importar el porcentaje de asfalto que se utilizó. Para las deformaciones de las muestras con el asfalto modificado, se observa que para los porcentajes de adición de SBS superiores a 4%, la deformación sobrepasa los límites permisibles en la normativa nacional.

Los resultados obtenidos son los que aparecen en las Figuras No. 11 y 12.

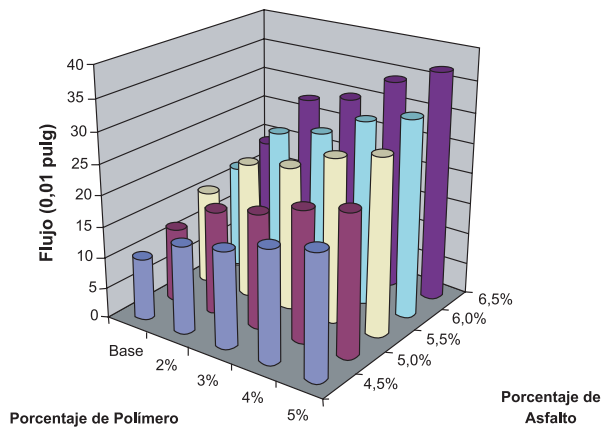


Figura No. 9: Flujo de las mezclas modificadas y mezcla base

En la Figura No. 10, se observa que en la medida que se incrementa la adición de SBS, la densidad de las muestras disminuye, lo cual concuerda con las propiedades individuales del asfalto y el SBS, siendo este último menor al asfalto.

Los ensayos de módulos dinámicos se realizaron por el método de tensión indirecta a 20°C y 30°C, aplicando las cargas a frecuencias de 10, 5 y 2,5 Hz.

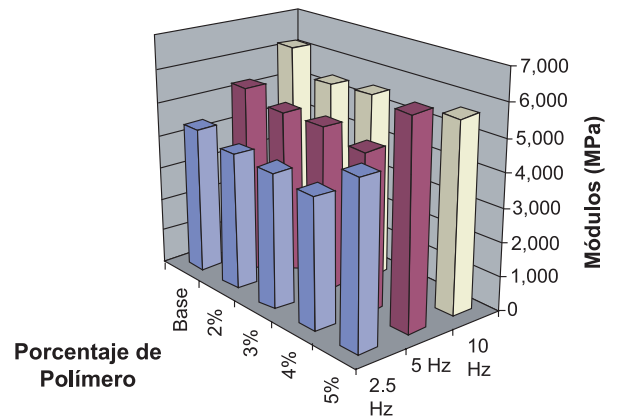


Figura No. 11: Módulos dinámicos a 20 °C

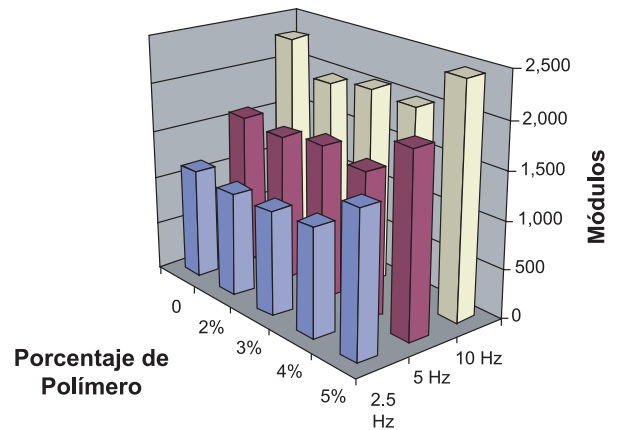


Figura No. 12: Módulos dinámicos a 30 °C

Comparando las mezclas asfálticas modificadas con la muestra base y sin importar la frecuencia de aplicación de las cargas y la temperatura del ensayo, se observa una disminución que oscila entre el 6% y el 15 % en el módulo dinámico de las mezclas asfálticas que contienen 2, 3 y 4% de polímero. La muestra con 5% de polímero presenta un incremento de aproximadamente el 100%.

En el Figura No. 13, se aprecia el comportamiento de las deformaciones permanentes de la mezcla asfáltica base y la modificada con 3 y 5 % de adición de polímero al simular el paso de un eje de 13 ton, tomando datos de deformación a diferentes ciclos.

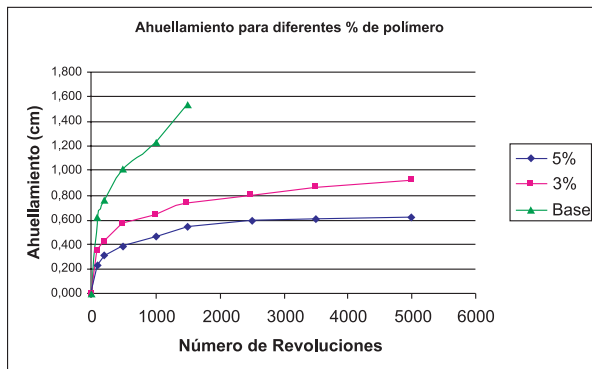


Figura No. 13: Ahuellamiento para diferentes porcentajes de polímero a 60 °C

En la Figura No. 14 se observa que la adición de polímero disminuye las deformaciones permanentes con respecto a la muestra base, encontrándose disminuciones de un 64% para 100 ciclos y 1500 ciclos para un 5% de adición de polímero, igualmente se encuentra una disminución en 44% a 100 ciclos y en 52% a 1500 ciclos para un 3% de adición de polímero.

Para la determinación de las leyes de fatiga se empleó el sistema por flexotracción en probetas trapezoidales, con deformaciones de 90×10^{-6} , 150×10^{-6} y 210×10^{-6} m. Las probetas se elaboran con asfalto base y asfalto modificado con 3% de polímero. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura No. 15. La

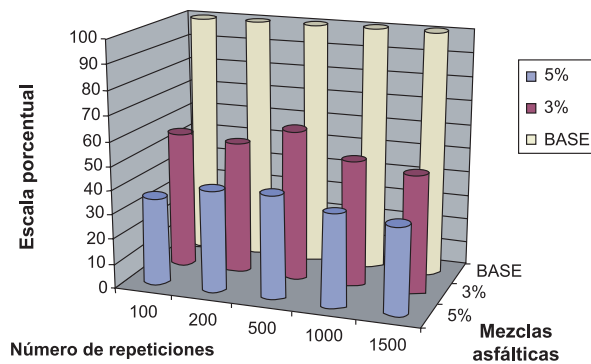


Figura No. 14: Comparación porcentual del ahuellamiento respecto a la mezcla base

pendiente de la curva de fatiga de la mezcla base es menor que la que contiene al 3% de polímero, dando como resultado que la mezcla modificada tenga un menor deterioro en el paso de los ejes.

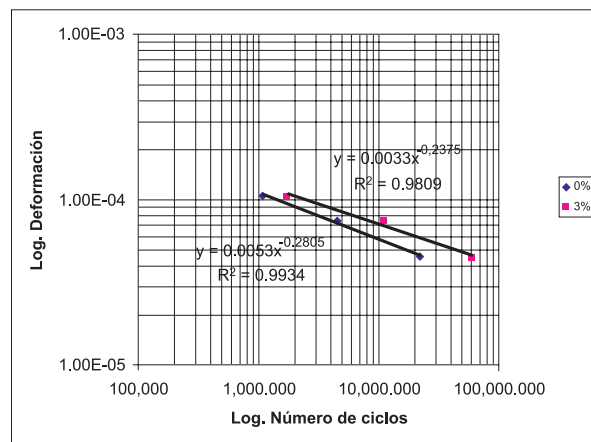


Figura No. 15: Curva de fatiga para mezcla base y mezcla con 3% de adición de polímero

4. Conclusiones

Se determinó que al adicionarle al asfalto convencional 70/90, polímero SBR en contenidos de 2 a 5%, el asfalto se hace menos consistente y se afecta su manejabilidad. Por lo tanto se dificulta la fabricación de mezclas asfálticas con alto contenido de polímero. Esto último reflejado en el aumento de la viscosidad con el incremento de adición de polímero.

De acuerdo con los parámetros utilizados para encontrar la susceptibilidad térmica, cuando se le adiciona polímero SBR al asfalto, ésta se disminuye. Esto se traduce en una reducción de presencia de fisuras causadas por contracción térmica cuando la mezcla se encuentra en servicio.

Las deformaciones permanentes que obtuvo la mezcla MDC-1 con asfalto tradicional son muy superiores a las que obtuvieron las mezclas modificadas con 3 y 5 % de adición de polímero, con las cuales se realizó la misma prueba de ahuellamiento a 60 °C de temperatura. Corroborando la disminución en la susceptibilidad térmica e incremento en el punto de ablandamiento del asfalto modificado al incrementar la adición de polímero. Este comportamiento muestra una mejora en la resistencia a la deformación plástica que adiciona el polímero a la mezcla asfáltica.

Para mejorar el módulo de elasticidad es recomendable hacer adiciones de polímero al asfalto a partir del 5 %, ya que para adiciones de 2 a 4 % el módulo sufre un decremento respecto al asfalto base, mientras que para la adición recomendada el módulo se incrementa exceptuando el módulo con una frecuencia de 10 Hz.

De acuerdo con la ley de fatiga, la mezcla asfáltica modificada al 3% de polímero presenta un mejor comportamiento respecto a la mezcla base, esto se ve reflejado en la disminución de la carpeta asfáltica para un mismo número de ejes cuando la mezcla éste en servicio.

La mezcla modificada con 3% de polímero, teóricamente se deteriorará en un periodo de tiempo más prolongado que la mezcla fabricada con asfalto base, lo anterior se puede afirmar ya que la pendiente para la línea de fatiga de mezcla con 3% de polímero es menor que la pendiente de la línea de fatiga de la mezcla base.

5. Bibliografía

ASPHALT INSTITUTE, Manual básico de emulsiones asfálticas, asphalt institute, 2001.

ARENAS, HUGO LEON. Tecnología del cemento asfáltico.

LAURENCE HEWES, CLARKON OGLESBY. Ingeniería de carreteras: calles, viaductos y pasos a desnivel. Continental, 1980.

LEFEUVRE Y., & PIAU J. M. Asphalt material fatigue test under cyclic. Performance Testing and Evaluation of Bituminous Materials.

Ingeniería civil, CEDEX. Número 92, 1993.

Ingeniería civil, CEDEX. Número 114, 1999.

MOHAMMAD J., HHATTAK & BALADI G.Y. Fatigue and permanent deformation models for polymer-modified asphalt mixtures. Transportation Research, Paper No.01-2813.

OLLER S. y SUERO A. Tratamiento del fenómeno de fatiga isotérmica mediante la mecánica de medios continuos. Revista Internacional de Métodos Numéricos para el cálculo y diseño en ingeniería. Vol. 15, 1, 113-133. 1999.

PÉREZ GONZÁLEZ, DEL VAL MELÚS F. y M. A. La fisuración térmica de los pavimentos de mezcla bituminosa. Revista de Obras Públicas. Diciembre, 1994.

RAAD L., SABOUNDJIAN S & MINASSIAN G. Field aging effects on fatigue of asphalt concrete and asphalt-rubber concrete. Transportation Research Record 1767, Paper No. 01-3097.

REYES LIZCANO FREDY. Diseño racional de pavimentos, CEJA, 2003.

REYES, OSCAR, REYES FREDY. Efecto de la adición de desperdicio de llanta usada en las propiedades dinámicas de una mezcla asfáltica. IV jornadas internacionales del asfalto. Cartagena 2004.

SÁNCHEZ SABOGAL, FERNANDO. Curso de laboratorio de pavimentos, Universidad del Cauca, Instituto de vías, 1983.