

Ahuellamiento y fatiga en mezclas asfálticas

*Hugo Alexánder Rondón Quintana
Fredy Alberto Reyes Lizcano
Laura Ángela González Ortiz
Sergio Eduardo Vásquez Ardila*

Hugo Alexander Rondón Quintana

Ingeniero Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander, Magíster en Ingeniería Civil y Doctor en Ingeniería de la Universidad de Los Andes. Profesor Asociado de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Premio Internacional en innovación de Carreteras, Juan Antonio Fernández del Campo, Madrid, Noviembre 2010.

Fredy Alberto Reyes Lizcano

Ingeniero Civil, Universidad Javeriana. D.E.A. Ecole Nationale Supérieure de Mécanique, Nantes – Francia. PhD. En Ingeniería, Laboratoire Central des Ponts et chaussées y Ecole Nationale Supérieure de Mécanique, Nantes – Francia. Profesor Titular Pontificia Universidad Javeriana. Premio Nacional de Ingeniería “Diodoro Sánchez” año 2004 y 2009 por los libros “Diseño Racional de Pavimentos” y “Uso de desechos plásticos en mezclas asfálticas”, Premio Bienal al investigador Javeriano 2005 y mención de honor en 2003. Mención Premio Internacional en innovación de Carreteras, Juan Antonio Fernández del Campo, Madrid, Noviembre 2006.

Laura González Ortíz

Ingeniera Civil de la Universidad Católica de Colombia, dedicada a la ingeniería de suelos y cimentaciones.

Sergio Vásquez Ardila

Ingeniero civil de la Universidad Católica de Colombia se desempeña en el campo de la ingeniería estructural.

Ahuellamiento y fatiga en mezclas asfálticas

*Hugo Alexánder Rondón Quintana
Fredy Alberto Reyes Lizcano
Laura Ángela González Ortiz
Sergio Eduardo Vásquez Ardila*



Contenido

INTRODUCCIÓN	11
1. AHUELLAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS	15
1.1. Generalidades	15
1.2. Ensayos y equipos	18
1.2.1. Ensayos de laboratorio	18
1.2.2. Ensayos a escala real	27
1.3. Factores que afectan la resistencia a la deformación permanente	32
1.3.1. Carga	32
1.3.2. Temperatura, velocidad de carga y humedad	37
1.3.3. Densidad y compactación	42
1.3.4. Tamaño, tipo, forma y granulometría del agregado pétreo	45
1.3.5. Tipo de ligante asfáltico	49
1.4. Ecuaciones para la predicción de la deformación permanente	54
2. FATIGA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS	63
2.1. Generalidades	63
2.2. Ensayos	66
2.2.1. Ensayos de flexión simple	66
2.2.2. Ensayo diametral	69

2.2.3. Ensayo cíclico torsional	72
2.2.4. Ensayos de pista en laboratorio	73
2.2.5. Ensayos a escala natural	75
2.2.6. Dispersión de los resultados de los ensayos	78
2.3. Factores que afectan la resistencia a fatiga	79
2.3.1. Métodos de compactación de la muestra	79
2.3.2. Carga	82
2.3.3. Rigidez de la mezcla	91
2.3.4. Consistencia del asfalto, características de los agregados, contenido de asfalto y vacíos de aire	93
2.3.5. Temperatura	107
2.3.6. Envejecimiento y condiciones ambientales	110
2.4. Ecuaciones empíricas	113
 3. APROXIMACIÓN DE LA VIDA A FATIGA DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA SOMETIDA A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE BOGOTÁ D. C.	 127
3.1. Introducción	127
3.2. Metodología	129
3.2.1. Caracterización de materiales	129
3.2.2. Diseño de mezclas asfálticas empleando la metodología Marshall	131
3.2.3. Fase experimental	131
3.3. Resultados	132
3.4. Conclusiones	137
 REFERENCIAS	 141

Introducción

Un pavimento flexible está conformado básicamente por una capa asfáltica apoyada sobre capas compuestas por materiales granulares no tratados o ligados, los cuales a la vez se apoyan sobre la subrasante o terreno natural de cimentación. Dentro del pavimento, la capa asfáltica tiene como función principal ayudar a soportar los esfuerzos que transmiten las cargas vehiculares, y distribuir dichos esfuerzos a la subrasante en magnitudes que sean tolerables por esta. Así mismo, impermeabiliza el pavimento y debe proveer una superficie adecuada para que los usuarios del parque automotor circulen sobre ella de manera segura y confortable.

Los dos principales mecanismos de falla de estructuras de pavimento flexible son la fatiga y el ahuellamiento. La fatiga se asocia a la respuesta resiliente de la estructura y el ahuellamiento a la acumulación de deformaciones permanentes en la dirección vertical. Estos dos mecanismos generan fallas estructurales y funcionales en el pavimento, que se producen principalmente en la capa asfáltica y se generan por las cargas cíclicas impuestas por el parque automotor. Para entender estos mecanismos de daño, la ingeniería de pavimentos, desde la década de los sesenta, ha venido desarrollando investigaciones con el fin de comprender el complejo comportamiento visco-elasto-plástico que experimentan los materiales que conforman las capas asfálticas (mezclas asfálticas) bajo diversas trayectorias de cargas cíclicas y condiciones del ambiente. En lo que respecta al estado del conocimiento en esta área, a pesar del amplio número de investigaciones realizadas, el comportamiento de materiales asfálticos y mezclas asfálticas aún no ha sido totalmente entendido. En Colombia se han realizado muy pocas investigaciones sobre el tema, debido principalmente a la falta de equipos apropiados para llevar a cabo mediciones de laboratorio e in situ, así como a la escasez de investigadores. Incluso la bibliografía sobre el tema es escasa y no ha sido ampliamente presentada en ningún libro sobre pavimentos o en memorias técnicas.

Con base en una amplia revisión bibliográfica, en los capítulos 1 y 2 se presentan las formas como han sido estudiados los fenómenos de ahuellamiento y fatiga en mezclas asfálticas respectivamente, los ensayos más utilizados para medir y evaluar estos mecanismos de daño, los factores que influyen en su generación y las ecuaciones empíricas más utilizadas en el mundo para describirlos. En el capítulo 3 se muestran los resultados parciales de una investigación ejecutada con el fin de evaluar la influencia del ambiente de Bogotá D. C. sobre las propiedades mecánicas bajo carga monotónica y dinámica de una mezcla de concreto asfáltico.

La presente obra sirve como fuente de consulta de estudiantes de pregrado y posgrado de instituciones de educación superior en el área de pavimentos. Consultores y diseñadores de pavimentos flexibles podrán enriquecer y profundizar sus conocimientos en los temas que atañen al contenido de este documento: ahuellamiento y fatiga de mezclas asfálticas. Así mismo, investigadores nacionales e internacionales de grupos y centros de investigación pueden tomarlo como referencia para fortalecer el estado del conocimiento de las investigaciones que ejecuten sobre mezclas asfálticas.

1. Ahuellamiento en mezclas asfálticas

1.1. Generalidades

De acuerdo con Khedr (1986), Collop et ál. (1995), Chen et ál. (2004), Fwa et ál. (2004), Saleeb et ál. (2005), Archilla (2006), Salama et ál. (2006), Saurabh et ál. (2006), Shu et ál. (2006), Wang et ál. (2007), Miao y Zhang (2008), Libo et ál. (2008), Chen y Zu (2009), Gao et ál. (2009), Huang y Shu (2009), Huang et ál. (2009), Pei y Chang (2009), Quang et ál. (2009), Wang et ál. (2009), Zhang et ál. (2009), el fenómeno de ahuellamiento es uno de los principales mecanismos de daño de capas asfálticas en estructuras de pavimentos flexibles y semirrígidos. Este fenómeno puede definirse como la deformación vertical permanente que se va acumulando en el pavimento debido al paso repetitivo de los vehículos, el cual genera la formación de delgadas depresiones longitudinales a lo largo de la trayectoria de las llantas. Puede generar fallas estructurales o funcionales en el pavimento y ocurre en cualquier capa de la estructura; sin embargo, investigadores como Sousa et ál. (1994) y Chen et ál. (2003) han demostrado y reportado que la mayor parte del ahuellamiento se genera en la capa asfáltica. De acuerdo con Sousa et ál. (1991), Collop et ál. (1995), White et ál. (2002), Archilla y Madanat (2006), el fenómeno de ahuellamiento en mezclas asfálticas ocurre por densificación principalmente durante la construcción y por la formación de deformaciones de corte durante la vida útil del pavimento. Hofstra y Klomp (1972) reportan, con base en los estudios realizados por la American Association of State Highway Officials (AASHO) en 1962 y sobre ensayos a escala real, que del total de ahuellamiento el mayor componente es el de corte. Una observación similar la reportan Brown y Bell (1977), Freeme (1973), Eisenmann y Hilmer (1987), Myers et ál. (2002) y Al-Qadi et ál. (2009).

COLECCIONES DE LA EDITORIAL DE LA
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO
JOSÉ DE CALDAS

La Editorial UD se complace en entregar a sus lectores sus siete primeras colecciones con las cuales consolida su sello editorial. Con una llamativa propuesta visual, el lector podrá encontrar los mejores títulos en áreas como: literatura, medio ambiente, artes, antropología, historia, ingeniería, sociología, pedagogía y otros; nuestras colecciones son:

Letras colombianas
Tierra y vida
Didácticas
Creaciones
Espacios
Diálogos
Ciudadanía y democracia

Otros títulos de esta colección:

*Silvicultura de plantaciones forestales y
mejoramiento genético*

Jorge E. Becerra Becerra, Luis Jairo Silva Herrera

Con base en una amplia revisión bibliográfica, este libro presenta la forma como han sido estudiados, los fenómenos de a huellamiento y fatiga en mezclas asfálticas que conforman estructuras de pavimentos flexibles. Se describen las ecuaciones matemáticas más utilizadas en el mundo para intentar predecir los complejos comportamientos viscoelastoplástico que experimentan estos materiales bajo cargas, sistemas de compactación y condiciones medio ambientales similares a las que ocurren en un pavimento. En síntesis, el documento presenta un estado del conocimiento sobre el tema.



ECOE
EDICIONES



UF
Editoria