

IAG271-01-2013
EVALUACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON HULE DE
LLANTA MEDIANTE PRUEBAS VOLUMÉTRICAS, DE DEFORMACIÓN
PERMANENTE Y SUSCEPTIBILIDAD A LA HUMEDAD
AVALIAÇÃO DE MISTURA ASFALTO MODIFICADO POR ARO DE
BORRACHA ATRAVES TESTE VOLUMÉTRICO, DE DEFORMAÇÃO
PERMANENTE E SUSCEPTIBILIDADE À HUMIDADE

M.I.C. Jesús Murillón Duarte
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Michoacán, México
jesusaldebarandetauro@hotmail.com

Dr. Mario Salazar Amaya
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Michoacán, México
Mariosalazar02@hotmail.com

M.I.C. Efraín Márquez López
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Michoacán, México
Maloe_34@hotmail.com

M.I.C. Julio Chávez Cárdenas
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Michoacán, México
juliochavez51@hotmail.com

Dr. Horacio Delgado Alamilla
Instituto Mexicano del Transporte
San Fandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México
hdelgado@imt.mx

Dr. Paul Garnica Anguas
Instituto Mexicano del Transporte
San Fandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México
pgarnica@imt.mx

Resumen

En la actualidad nos hemos encontrado con grandes problemas de contaminación los cuales afectan a nuestro medio ambiente, uno de ellos es la acumulación de neumáticos de desecho, los cuales van aumentando año con año, algunas soluciones para estas como material granulado y polvo son: carreteras, campos de fútbol, campos de juego y gimnasia, pistas de atletismo, pistas ecuestres, relleno de césped artificial, camas para ganado, calzado; sin embargo debido al poco

consumo de este deshecho en estos métodos, el problema aumenta, por esta razón se ha buscado la forma de incluir el hule de los neumáticos en forma de polvo en la construcción de los pavimentos asfálticos de carretera. En nuestra investigación hemos demostrado varias ventajas en el uso de este material como parte de dichos pavimentos, mejorando así algunas características. Tal parece que podría ser una excelente forma de reciclar dicho material de desecho, ya que como sabemos, la construcción de carreteras es un sector altamente productivo y por el cual se generan altos consumos de materiales, materiales entre los que podría estar nuestro material de desecho objetivo, siendo así una de las mejores soluciones para el reciclado de éste.

Resumo

Neste momento temos encontrado grandes problemas de poluição que afetam nosso ambiente, um dos quais é o acúmulo de resíduos de pneus, que estão aumentando a cada ano, algumas soluções para estes materiais como granular e pó são: estradas, campos de futebol, parques infantis e de ginástica, atletismo, trilhas equestres, grama artificial cheio para cama de animais, calçados, no entanto, devido ao baixo consumo destes resíduos nestes métodos, o problema aumenta, por esta razão tem procurado maneiras de incluir pó de borracha de pneus na construção de pavimentos asfálticos rodoviários. Em nossa pesquisa mostramos várias vantagens em utilizar este material como parte de tais calçadas, melhorando algumas características. Parece que ele poderia ser uma ótima maneira de reciclar este material de resíduos, como sabemos, o setor de construção da estrada é altamente produtivo e que são gerados pelo consumo elevado de materiais, materiais de que poderia ser o nosso material de resíduos objetivo, tornando-se uma das melhores soluções para a reciclagem do mesmo.

INTRODUCCIÓN

En México según la Asociación Nacional de Distribuidores de Llantas (Andellac), cada año se desechan 40 millones de neumáticos viejos. La investigación cita a la obra pública como instrumento de reciclado prioritario, siempre que la utilización de materiales del reciclado de Neumático Fuera de Uso (NFU) sea técnica y económicamente viable^[10].

Entre las posibles aplicaciones en la obra pública^[13], una de las de mayor interés es la fabricación de mezclas asfálticas para carreteras, ya que el caucho de los neumáticos comporta mejoras en su comportamiento, es más económico que otros modificadores alternativos y permite consumir una considerable cantidad de residuo.

En España por ejemplo, el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) del Ministerio de Fomento, siguiendo las directrices del citado Plan, especifica el empleo prioritario de polvo neumático en mezclas asfálticas siempre que sea técnica y económicamente posible, además México se menciona de forma muy superficial en la normativa existente de SCT: N-CMT-4-05-002-06, referidas a pavimentos modificados^[5].

ANTECEDENTES

La incorporación del polvo de caucho procedente del triturado de neumáticos de desecho en asfaltos, se desarrolló comercialmente en EEUU en los años 60 con la patente de Charles McDonald para su aplicación en tratamientos superficiales y bacheos. El empleo de ligantes con hule molido en mezclas asfálticas comenzó a generalizarse en 1985, en Arizona y California ^[3].

En Europa empezaron las pruebas con asfaltos modificados de alta viscosidad con hule molido en mezclas drenantes en los años 70, especialmente en Bélgica y Francia, pero la falta de plantas de trituración y el desarrollo de los ligantes modificados con polímeros (SBS, EVA, etc.) limitaron su empleo ^[12].

En España el primer asfalto con polvo de neumático de NFU (neumático fuera de uso) a escala industrial se desarrolló en el año 1996 y fue realizado en central. Este asfalto se utilizó en tramos de ensayo en Sevilla y Madrid ^[3].

En México por otra parte se han tenido pequeños intentos de la aplicación de esta técnica, tal es el caso de la calzada Tlalpán en 1970 en la ciudad de México, además CAPUFE ^[11] lo utilizó en autopistas de altas especificaciones en 1996 y las Autopistas México-Puebla, México-Querétaro, México-Córdoba, México -Cuernavaca, Pátzcuaro-Uruapan ^[2].

OBJETIVOS

Comprobar que este tipo de reciclado de hule de llanta en pavimentos flexibles en verdad resulta una alternativa viable para el uso de neumáticos fuera de uso, debido a su bajo costo de aplicación y a la mejora de las características de la mezcla (mayor resistencia al envejecimiento, aumentando la flexibilidad y resistencia a la tensión, reduciendo la aparición de grietas por fatiga o temperatura), corroborando estas últimas con las diferentes pruebas de laboratorio.

Reducir el número de neumáticos fuera de uso en los tiraderos proponiendo un uso alternativo, tomando en cuenta todas las ventajas que este tipo de técnica representa para los pavimentos.

METODOLOGÍA Y MATERIALES

El polvo de caucho reciclado se obtiene triturando los neumáticos enteros hasta el tamaño deseado y separando los metales y tejidos que puedan incorporar. La forma de trituración, la granulometría de las partículas y el contenido remanente de contaminantes metálico y textil afectan a las propiedades del polvo de caucho obtenido ^[6]. La utilización en mezclas asfálticas precisa que el hule reciclado esté en forma de partículas finas de tamaños inferiores a 2 mm, ó 0,5 mm, según las aplicaciones. La incorporación de polvo neumático a una mezcla asfáltica modifica sus propiedades reológicas y mejora sus prestaciones como material para carreteras ^[4]. Esta incorporación se puede hacer de dos maneras: Una de ellas es la mezcla previa del polvo de caucho con el asfalto para su posterior empleo como ligante en la mezcla asfáltica. Esta forma de incorporación del polvo neumático a las mezclas asfálticas por adición previa al asfalto se conoce como “vía húmeda”. El segundo procedimiento consiste en introducir el polvo neumático directamente en la planta de fabricación de mezclas asfálticas, junto con el asfalto y los agregados. El polvo de neumático actúa en parte como árido, pero las partículas más finas interactúan con el asfalto modificando sus propiedades, consiguiéndose así mejorar el comportamiento de la mezcla asfáltica. Esta forma de modificación en la que el polvo neumático

se incorpora directamente como un componente más de la mezcla asfáltica, se conoce como “vía seca”, la cual se estudia en nuestra investigación ^[8].

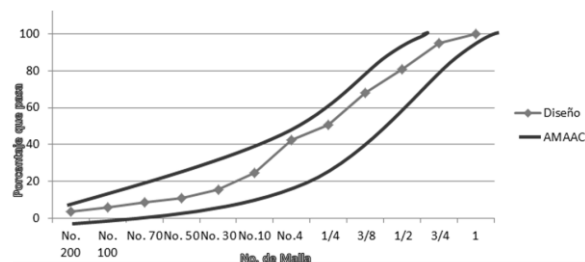
El desarrollo de nuestra investigación se basa en el protocolo de la Asociación Mexicana del Asfalto A.C. que es una guía de diseño para pavimentos densos (mezclas con niveles de porosidad relativamente bajos), para obtener el mejor comportamiento de un pavimento flexible, dicho protocolo se basa en lo mejor de diversos métodos ^[1].

Dentro de este método básicamente se sigue la siguiente secuencia, plasmada en capítulos dentro del documento: Criterios de selección del nivel requerido, Selección de los agregados pétreos, Selección del cemento asfáltico, Diseño volumétrico, Susceptibilidad de la mezcla asfáltica al daño inducido por humedad y Susceptibilidad a las deformaciones permanentes.

En dicho documento marca cuatro niveles de diseño, dependiendo de los requerimientos de nuestra mezcla, para esta investigación usamos el nivel II, que nos permitirá utilizar nuestra mezcla en un gran número de obras viales.

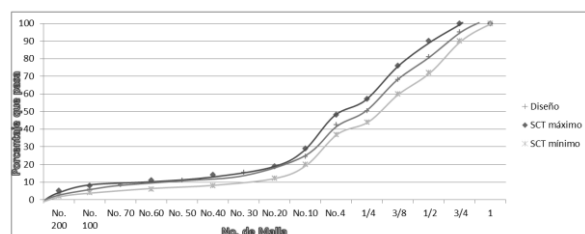
Ya teniendo el dato base del cual debemos de partir podremos proceder a hacer los diferentes ensaños:

Selección de agregados: En nuestro caso en particular se utiliza el banco de material sugerido por el Instituto Mexicano del Transporte dado que ya se tiene estudiado, además de usarse una granulometría ya probada por el mismo instituto. A continuación podemos observar una comparativa con los porcentajes marcados dentro del protocolo (Gráfica 1).



Gráfica 1 Granulometría de proyecto contra límites AMAAC

También comparamos la granulometría de diseño con las propuestas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) (Gráfica 2) ^[5]:



Gráfica 2 Granulometría de proyecto contra límites SCT

Ya corroborado que la granulometría nos cumple con las diferentes normativas nacionales, se modificará esta granulometría con contenidos de hule de molido de neumático al 1% y 2% con respecto al peso total de la muestra, sustituyendo material de la malla No.50 debido a que es el tamaño más cercano al del hule molido.

También cabe señalar que el material cumplió con los diferentes parámetros en las pruebas que el protocolo marca tanto para agregados gruesos (Desgaste los ángeles, Desgaste Microdeval, Intemperismo acelerado, Caras fracturadas, partículas alargadas y lajeadas y adherencia con el asfalto de cubrimiento), como finos (con las pruebas de Equivalente de arena, Angularidad y Azul de metileno).

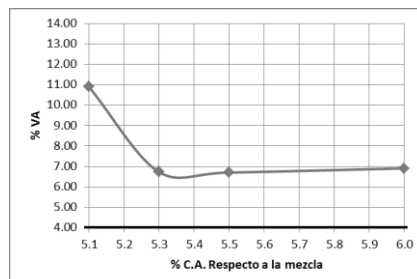
Por otra parte la selección del cemento asfáltico nos remitió a la norma SCT N-CTM-4-05-004/05, donde hace mención a que la selección debe ser con respecto a la temperatura máxima y mínima que se espera en el lugar. Además en nuestro caso como el cemento asfáltico es convencional, debe cumplir las temperaturas en mezclado y tendido, además de la humedad y diseño volumétrico de la mezcla.

Otra factor de influencia es la cantidad de hule usado, que en nuestro caso en particular y basándonos en el “Manual de Empleo de Caucho de NFU en mezclas bituminosas”^[3] español, se decidió trabajar con cantidades de 1% y 2% con respecto al volumen de agregados, con el fin de obtener resultados satisfactorios y desempeño óptimo en las pruebas de deformación permanente y susceptibilidad a la humedad ^[9].

Una de las pruebas que más nos dejará ver el comportamiento de la mezcla modificada es la deformación permanente, la cual se efectuará mediante el uso del Analizador de Pavimentos Asfálticos (APA) ^[7].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

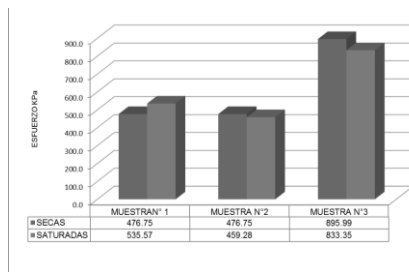
Las pruebas de diseño volumétrico nos mostraron algo ya esperado, las probetas modificadas con hule de llanta ocuparon mayor contenido de Cemento asfáltico, debido a que dicho material absorbe parte de nuestro material cementante, así que obtuvimos contenidos de cemento asfáltico de 5.4% para probetas sin modificar y de 5.8 para las modificadas con 2% de hule; las probetas con 1% de hule no lograron llegar al 4% de vacíos aún y cuando se le agregó hasta 6% de hule y además presentó un comportamiento peculiar tal como se aprecia a continuación (Gráfica 3):



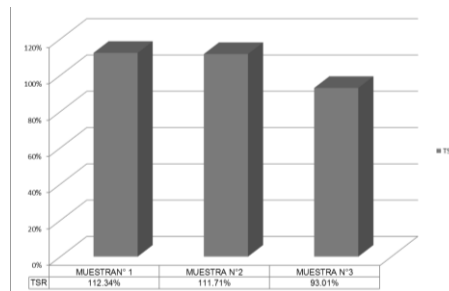
Gráfica 3.- VA respecto al porcentaje de asfalto
mezcla modificada con 1% hule

De la prueba de TSR tenemos que las probetas modificadas con hule de llanta resultaron menos resistentes a la tensión, esto puede deberse a que las partículas de material tienen menor cantidad

de asfalto ya que el hule de llanta absorbe parte de este sin embargo podemos notar que no sufren modificación en sus resistencias debido a la aplicación de humedad, debido probablemente a que el hule ayuda a absorber agua (Gráficas 4 y 5).

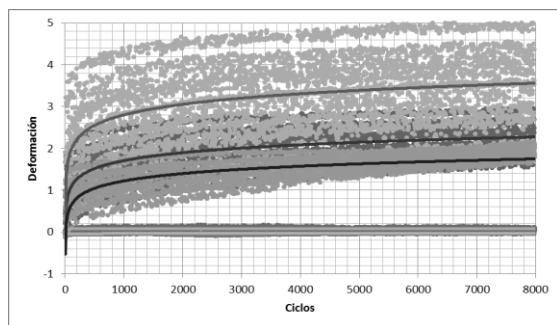


Gráfica 4.- Relación de resistencias

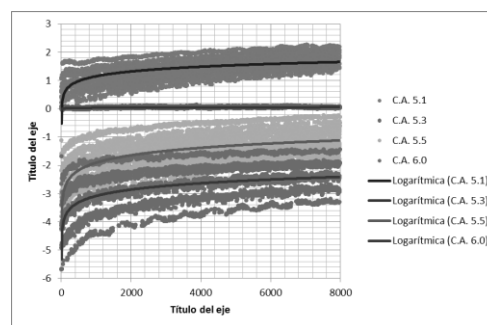


Gráfica 5.- Valores de TSR

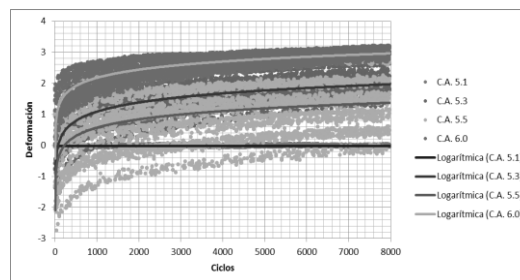
En la prueba de deformación permanente el comportamiento de la mezcla modificada con hule de llanta resulta ser más favorable en la deformación permanente, teniendo algunos milímetros menos de deformación con respecto a la mezcla convencional, aunque también resulta interesante ver que aunque la mezcla modificada con hule parece deformarse en un inicio, esta tiende a mantener su postura original gracias al hule incluido, esto lo podemos notar en las gráficas siguientes:



Gráfica 5.- Deformación permanente mezcla convencional



Gráfica 6.- Deformación permanente mezcla 1% de hule



Gráfica 7.- Deformación permanente mezcla con 2% de hule

La presente investigación pretende abrir camino en un tema poco abundado dentro de México, la incorporación de hule molido en mezclas asfálticas, con el fin de buscar un avance en materia medio ambiental debido a que se reciclaran los neumáticos de desecho que contaminan considerablemente el país, y que se están convirtiendo en un problema de magnitudes catastróficas, ya que no existen las suficientes formas de aprovecharlos. Con este trabajo se

pretende demostrar lo positivo de su uso y así extender este tipo de aplicación en la mayor parte del país para tratar de aminorar este gran problema tal como se ha demostrado en diversos países. Además cabe mencionar que no sólo se reciclará un material altamente contaminante, sino que además las mezclas asfálticas mejoran algunas características.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al Instituto Mexicano del Transporte por facilitar todo el equipo de laboratorio usado en este proyecto, además de a los compañeros y tesis del mismo instituto que apoyaron en el proceso de desarrollo de la investigación (Lalo, Elica, Vicente), además de agradecer también a la Maestría en Infraestructura del Transporte en la Rama de las Vías Terrestres de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y a todo su planta docente porque gracias a ellos esta investigación pudo iniciarse y concretarse.

REFERENCIAS

Asociación Mexicana del Asfalto; Protocolo AMAAC, México, 2010.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes; Anuario estadístico; México; 2009, 2010.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Manual de Empleo de Caucho de NFU en mezclas bituminosas, España, 2007. 64 p.

F. Perez-Jimenez, R. Miro Recasens(*), A. Martínez, C. Martínez Laínez y A. Páez Dueñas, Evaluación de la cohesión de betunes modificados con polvo de neumáticos, 2006. 54 p.

Normas SCT: N-CMT-4-05-002-01, N-CMT-4-05-002-06

PEREZ JIMENEZ, Félix, Estudio, Diseño y control de mezclas bituminosas, Madrid 2006, 220 p.

GARNICA ANGUAS, Paul; Delgado Alamilla, Horacio; Sandoval Sandoval, Carlos Daniel, Análisis comparativo de los métodos Marshall y Superpave para compactación de mezclas asfálticas, SCT, IMT, México 2005, 48p.

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA, Diseño de desarrollo y seguimiento de un aglomerado asfáltico con polvo de caucho. España 2004, 75 p.

GARNICA ANGUAS, Paul, Delgado Alamilla, Horacio, Gómez López José Antonio; González Madrigal, Álvaro, Comportamiento de la mezclas asfálticas modificadas con SBR, SCT, IMT, México 2004, 38 p.

RAMIREZ GARCIA, José Luis, Tesis usos y aplicaciones del asfalto modificado con hule reciclado de llantas, México, 2004, 98 p.

CRESPO VILLALAZ, Carlos, Vías de comunicación, México 2001, 717 p.

GALLEGOS MEDINA. (2001). Mezclas bituminosas modificadas por adición de polvo de neumáticos. CEDEX ,Madrid. 2001. 82 p.

Alfonso Rico Rodríguez, Rodolfo Téllez Gutiérrez, Paul Garnica Anguas; Publicación 104 imt pavimentos flexibles problemática, metodologías de diseño y tendencias, Querétaro, Mex, 1998.