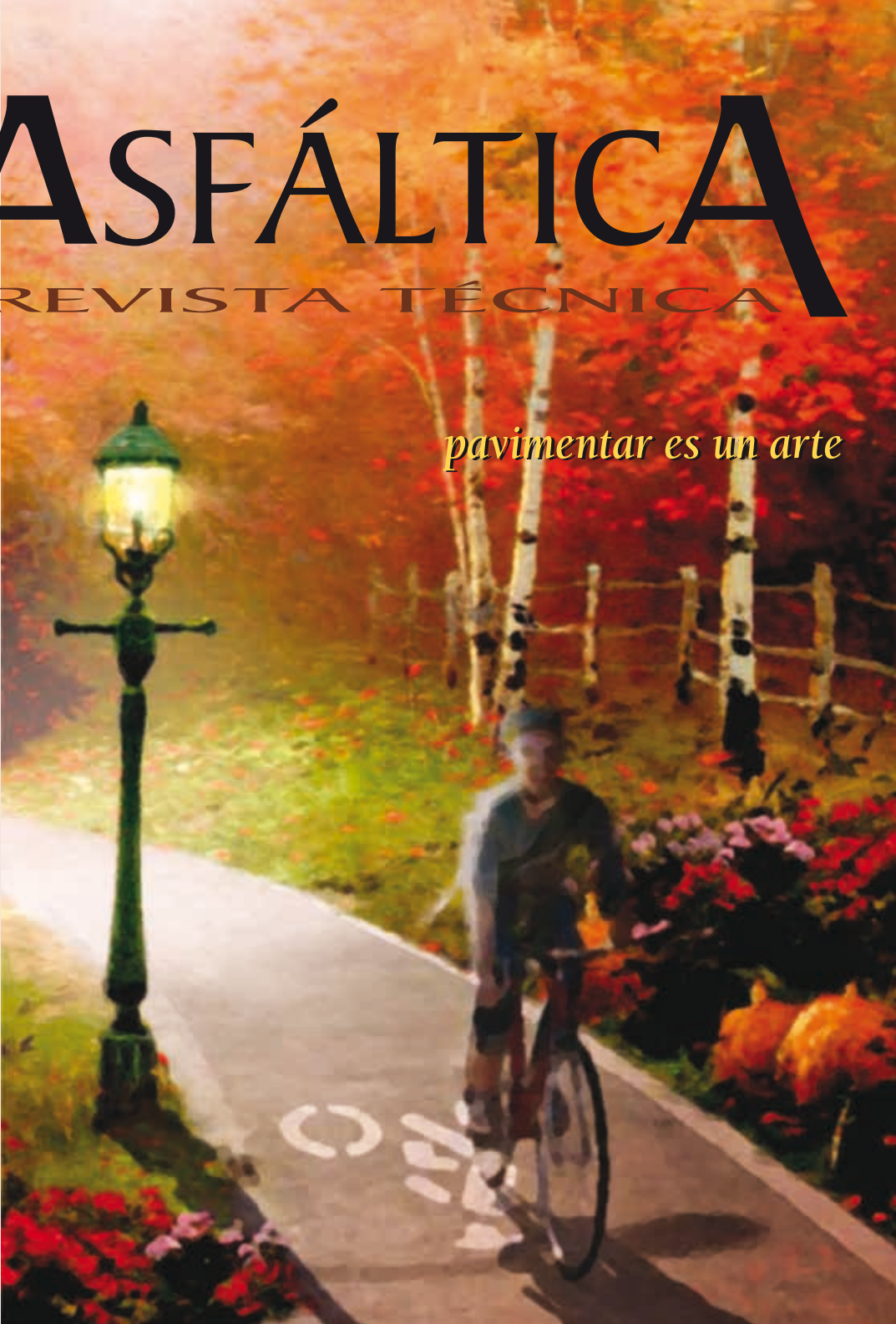


ASFÁLTICA

REVISTA TÉCNICA

pavimentar es un arte



- ☞ **Consideraciones para el diseño volumétrico de mezclas asfálticas con altos contenidos de RAP**
- ☞ **El simulador de vehículos pesados, HVS Mark VI, en el Instituto Mexicano del Transporte de la S.C.T.**
- ☞ **Estudio de la susceptibilidad a la humedad de mezclas asfálticas con RAP elaboradas en frío**

NÚMERO 54 • ABRIL-JUNIO, 2018



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

La gran noticia se confirma,
SemMaterials
se transforma en:

 **Ergon[®] Asfaltos
México**
una compañía que trabaja[™]

Carretera Federal Puebla - Atlixco Km 8.5, San Andrés Cholula, Pue.
Tel. 222 284 19 30 / www.ergon.com

VANGUARDIA TECNOLÓGICA. Es tiempo de algo mejor.



PRENSA TSR (NIVEL I), MARSHALL,
SCB, CBR, TRIAXIAL



PRENSA SERVO-HIDRÁULICA 30 KN,
MÓDULO DINÁMICO (NIVEL III)



4PB AUTÓNOMO SERVO-NEUMÁTICO,
FATIGA (NIVEL IV)

NUESTRAS MARCAS

MATEST
PAVETEST



Certificadas en ISO 9001
Estricta conformidad
Protocolo AMAAC,
Normas AASHTO y ASTM

MATECH OF AMERICAS CORP.,
S. DE R.L. DE C.V.

Lago Chapala Oriente #9,
Col. Manantiales, San Pedro Cholula,
C.P. 72760, Puebla, MEXICO

Tels. (+52) 22 25 03 46 53 / 54

Mail. info@matech.mx

www.matech.mx | www.matest.com

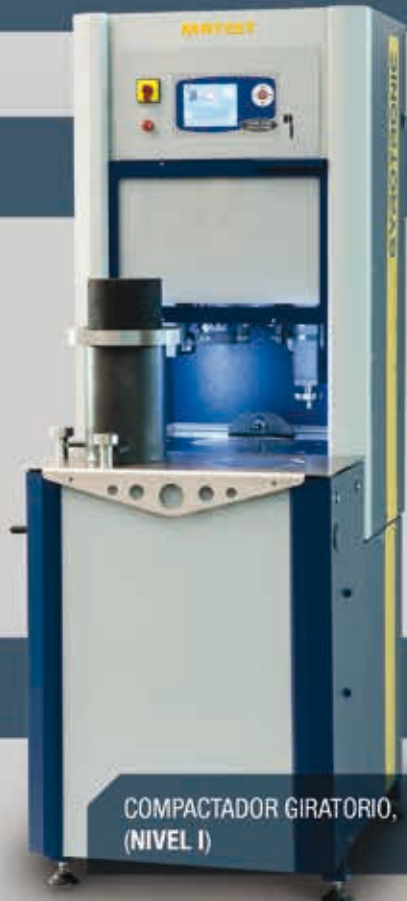
www.pavetest.com | www.instrotek.com



RUEDA DE HAMBURGO,
(NIVEL II)



Hamburg Wheel
Tracker in USA



COMPACTADOR GIRATORIO,
(NIVEL I)

Editorial

Hace unos días terminó el primer trimestre de este retador año, y lo vemos muy cauteloso y lleno de incertidumbre: problemas económicos, poca fluidez financiera, con elecciones cercanas donde debemos decidir quién nos va a gobernar a la espera que sea lo mejor por el bien de México.

Nosotros en nuestro gremio debemos seguir adelante, buscar siempre lo más apropiado para esta industria, para los usuarios de las vialidades y para el país. Por eso no debemos claudicar sino encontrar las opciones más convenientes en nuestro círculo, en la empresa, en las actividades diarias, tomar las mejores acciones, innovar y desarrollar aspectos tecnológicos, encontrar la manera de aumentar nuestras aptitudes, ya que esto es lo que más nos importa: hacer todo con calidad.

Algunos de nosotros, por no decir todos, estamos en el proceso de conseguir trabajo para nuestra empresa, tratar de ganar alguna licitación, concurso o asignación de algún proyecto, diseño, obra; colocar nuestros productos y servicios en este año en el que todo mundo administra cautelosamente sus recursos, analiza su futuro, busca créditos amigables, sinergias, consolidaciones, en fin, asegurar una situación que nos permita evitar un naufragio en caso de una posible tormenta.

A final de cuentas, México debe salir adelante, y nosotros debemos comprometernos a dar el máximo esfuerzo para lograrlo: tenemos talento, sólo hay que capacitarnos, orga-

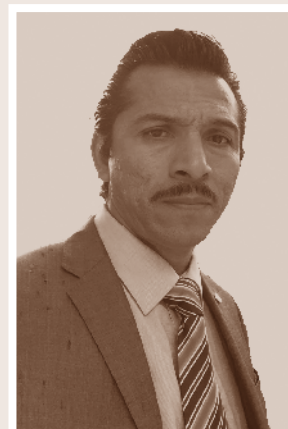


La bendición de otoño
Thomas Kinkadee (1958-2012)

Pintor californiano de corriente realista que alcanzó un notable reconocimiento gracias a la distribución de reproducciones impresas y otros productos de licencia. Se autonombró "El pintor de La Luz" y llegó a ser el artista vivo más coleccionado de los Estados Unidos.

*Ilustración sobre el original
Por: Omar Maya V.*

nizarnos y hacer las cosas con calidad. Mejores pavimentos, desde analizar los asfaltos, los agregados, los aditivos y los modificadores, la mezcla asfáltica, las plantas de mezclas, las emulsiones, los ensayos en laboratorios certificados, el transporte y la maquinaria con su respectivo mantenimiento, pero sobre todo, pensar en el ser humano, al que hay que atender y reconocer que es la parte más importante de nuestra industria. Para coadyuvar este proceso contamos con AMAAC.



#EligeAsfalto

Raymundo Benítez López

Presidente

Décimo Consejo Directivo

Sumario

Presidente

Raymundo Benítez López

Vicepresidente de construcción

Luis Guillermo Limón Garduño

Vicepresidente técnico

Francisco Javier Moreno Fierros

Vicepresidente de distribución

Juan Adrián Ramírez Aldaco

Secretario

Javier Gutiérrez Cisneros

Tesorero

J. Jesús Martín del Campo Limón

Vocales

Diana Berenice López Valdés

Gabriel Hernández Zamora

Horacio Delgado Alamilla

Jorge Alarcón Ibarra

Luis Eduardo Payns Borrego

Martín Serrano García

Rafael Martínez Castillo

Comisión de honor

Roberto Garza Cabello

Ignacio Cremades Ibáñez

José Jorge López Urtusuástegui

Comisión de vigilancia

Fernando Martín del Campo Aviña

Israel Sandoval Navarro

Hugo Bandala Vázquez

Director General

Jorge E. Cárdenas García

dirgral@amaac.org.mx

www.amaac.org.mx

Diseño y formación

Lizbeth de Lucio



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

- 5** Consideraciones para el diseño volumétrico de mezclas asfálticas con altos contenidos de RAP
- 17** El simulador de vehículos pesados, HVS Mark VI, en el Instituto Mexicano del Transporte de la S.C.T.
- 23** Estudio de la susceptibilidad a la humedad de mezclas asfálticas con RAP elaboradas en frío, mediante el ensayo de TSR
- 30** Amor, paz y... asfalto
- 33** Análisis de los mecanismos de fractura en pavimentos flexibles
- 37** Creando un programa de sustentabilidad – avanzando al futuro

Consideraciones para el diseño volumétrico de mezclas asfálticas con altos contenidos de RAP

Aldo Zayd Salazar Rivera
QuimiKao
aldosalaz@gmail.com
Horacio Delgado Alamilla
Instituto Mexicano del Transporte

Introducción

El creciente incremento del tránsito en intensidad y frecuencia ha llevado a que se necesiten nuevas carreteras con mejores desempeños. La construcción de éstas, consume muchos recursos, sobre todo en lo que se refiere a los materiales que conforman las capas con aporte estructural al pavimento como son la base y la carpeta asfáltica.

Una de las técnicas utilizadas a nivel mundial para reducir el consumo de estos recursos es el reciclado de la carpeta asfáltica (RAP). Esta es una técnica viable y económica para el mejoramiento y mantenimiento de las carreteras, ya que hace posible reutilizar los materiales que se encuentran dispuestos en la carretera, una vez que han cumplido con la vida útil, lo que representa economía en el mantenimiento y rehabilitación de los pavimentos en servicio.

Descripción general

El estudio tiene como objetivo principal presentar de una manera detallada el proceso para determinar un diseño volumétrico de mezclas asfálticas con RAP, analizando la variabilidad del RAP (granulometría y contenido de asfalto) antes de su incorporación en la mezcla nueva, así como la medición del contenido de asfalto real una vez que el material de aporte y el RAP han sido mezclados con distintos porcentajes de asfalto añadido. Se presentan resultados de laboratorio donde se demuestra que sí es posible estimar el Gmm a partir del Gse utilizando las ecuaciones del Protocolo AMAAC, (Asociación Mexicana del Asfalto, 2013) en una mezcla asfáltica con RAP. Por otro lado, se presenta la determinación del GsbRAP utilizando tres metodologías existentes y su efecto de cada una en el comportamiento de las propiedades volumétricas.

Caracterización de los materiales

Se caracterizaron dos tipos de materiales utilizados en la mezcla asfáltica con RAP. El primero de ellos es un agregado pétreo de referencia, producto de la trituración de roca basáltica del estado de Jalisco, para el segundo material se utilizó un material reciclado proveniente del estado de Jalisco.

Para realizar una adecuada evaluación de RAP y se llevó a cabo un proceso de homogeneización del RAP, las muestras obtenidas fueron de aproximadamente 5 400 g y 2 800 g.

Estructura del RAP

El proceso para llevar el análisis del RAP consistió primeramente en realizar el análisis granulométrico al material original de acuerdo a la Norma ASTM C136-14 y con esto conocer la distribución de tamaños que contiene el material. Como segundo paso se verificó el contenido de asfalto del RAP por el método de ignición (ASTM D6307-10). Al agregado pétreo resultante de la ignición se analizó mediante el análisis granulométrico para conocer la variación que tiene en los materiales respecto al RAP original. Los resultados del análisis granulométrico se presentan en la Figura 1.

- Teniendo las curvas granulométricas del material RAP original y RAP incinerado se compararon los resultados y se observó lo siguiente:
- Las curvas granulométricas del RAP original del año 2014 respecto al RAP del año 2015 presentan cierta dispersión en los tamaños de 25mm-37mm (1"-3/8"), lo cual puede estar asociado a la velocidad del fresado.
- Las curvas granulométricas presentan una diferencia significativa antes y después de la incineración.

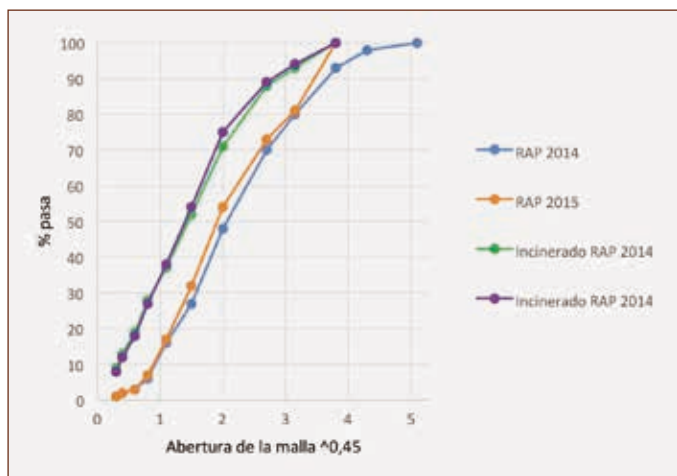


Figura 1. Comparación del RAP original y RAP incinerado.

El RAP original presentó un TN de 3/4" y un TN de 1/2" después de la incineración.

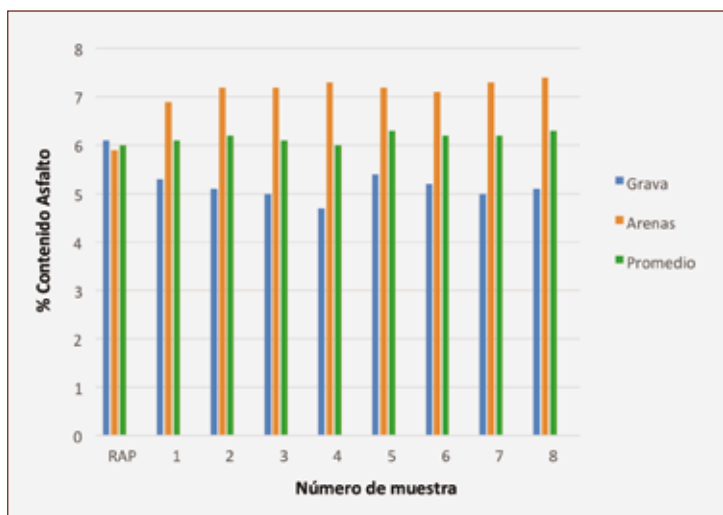
Esta variación del RAP está asociada a que el RAP es obtenido mediante un fresado de pavimento construido, por lo cual está conformado por aglomerados constituidos por agregado pétreo cubierto con ligante asfáltico, es por esto que al obtener el análisis granulométrico se detectan tamaños superiores a los reales.

Contenido de asfalto del RAP

El objetivo principal de este ensayo es determinar el contenido de asfalto de las muestras de RAP. El procedimiento que se realizó para este ensayo consistió en tomar 10 muestras aleatorias de RAP, 8 de estas, se separaron en dos fracciones (gravas y arenas), la muestra restantes se incineraron sin fraccionar el

RAP, con el fin de conocer el contenido de cemento asfáltico de la muestra original y el contenido de asfalto de la fracción gruesa y fina.

La Figura 2 presenta los resultados obtenidos de la incineración del cemento asfáltico del RAP, donde se pudo destacar lo siguiente. Las muestras de RAP que fueron incineradas sin fraccionar obtuvieron un contenido de asfalto promedio del 6,0%.



	RAP	1	2	3	4	5	6	7	8	\bar{x}	σ
Grava	6,1	5,3	5,1	5,0	4,7	5,4	5,2	5,0	5,1	5,1	0,214
Arenas	5,9	6,9	7,2	7,2	7,3	7,2	7,1	7,3	7,4	7,2	0,151
Promedio	6,0	6,1	6,2	6,1	6,0	6,3	6,2	6,2	6,3	6,1	0,093

Figura 2. Contenido de cemento asfáltico del RAP.

De las muestras de RAP que fueron fraccionadas, el porcentaje que retiene la fracción gruesa corresponde a un 50% y el 50% restante a la fracción fina, de acuerdo al análisis granulométrico. Los contenidos de cemento asfáltico para las arenas fueron del 7,2% y 5,1% para las gravas. Esto se considera con-

gruente, ya que el material fino absorbe más asfalto además de considerar que este material se presenta con mayor cantidad de aglomerados debido a su proceso de extracción. Sin embargo, se observa una mayor variabilidad en la fracción gruesa, por lo cual si se tiene un mayor control sobre esta fracción es posible reducir esta variabilidad del material.

El contenido de cemento asfáltico del RAP fraccionado corresponde al 6,1% respecto a la masa de la mezcla asfáltica, la diferencia que existe respecto a la muestra que no fue fraccionada es de 0,1%, por lo cual no existe una diferencia significativa entre las dos formas para determinar el contenido de asfalto del RAP.

Respecto a las muestras incineradas que fueron fraccionadas se puede observar que existe una ligera dispersión en el contenido de cemento asfáltico por lo cual se considera que el RAP tiene una buena homogeneidad.

Propiedades físicas agregado pétreo y material resultante del RAP

Se caracterizó el material pétreo de aporte y el producto de la incineración. Los ensayos realizados a los materiales son los especificados en el Protocolo AMAAC. Los resultados se presentan en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1. Caracterización al agregado grueso

Prueba	Norma	Banco La Vega	Incinerado RAP	Especificación
Gravedad específica, Gsb	ASTM C127	2,636	2,671	2,4 mín
Desgaste de Los Ángeles	ASTM C131	12%	-	30% máx
Desgaste micro-deval	ASTM D6928	8%	-	15% máx
Intemperismo acelerado	ASTM C142	6%	1%	15% máx
Caras fracturadas	ASTM D5821	94%	99%	90% mín
Partículas planas y alargadas	ASTM D4791	5%	0%	15% máx

Tabla 2. Caracterización al agregado fino

Prueba	Norma	Banco La Vega	Incinerado RAP	Especificación
Gravedad específica, Gsb	ASTM C127	2,495	2,622	2,4 mín
Azul de metileno	AASHTO T330	17	8	12 mg/g máx
Equivalente de arena	ASTM D2419	60%	38%	50% mín
Angularidad del fino	ASTM C1252	46%	47%	40% mín

Diseño de la estructura granulométrica

Para definir la curva de diseño de la mezcla con RAP, se tomó como base una granulometría de referencia utilizada comúnmente con este banco de materiales, la cual corresponde a una granulometría densa con TN de 19mm ($\frac{3}{4}$ "). Para reproducir la granulometría de referencia se fijó el porcentaje de RAP y por medio de iteraciones del material de aporte se logró obtener una curva lo más semejante a la granulometría de referencia. La Figura 3 y Tabla 3 muestra los resultados obtenidos.

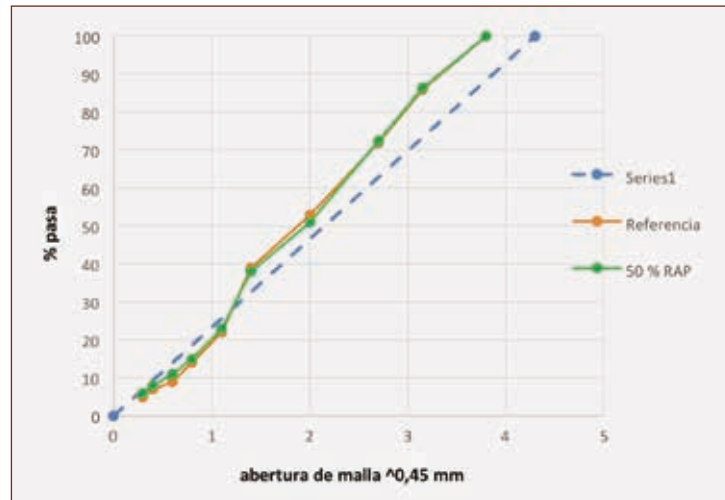


Figura 3. Curva de diseño con 50% RAP.

Tabla 3. Distribución granulométrica de diseño con 50% RAP					
Malla	Grava	Arena	RAP	50% RAP	Referencia
	38%	12%	50%	RAP	
% Que Pasa					
$\frac{3}{4}$ "	100	100	100	100	100
$\frac{1}{2}$ "	68	100	94	85	84
$\frac{3}{8}$ "	37	100	88	70	69
Núm. 4	1	97	74	49	50
Núm. 8	1	70	53	35	37
Núm. 16	1	42	36	23	23
Núm. 30	1	27	25	16	15
Núm. 50	1	17	18	11	10
Núm. 100	1	12	12	8	7
Núm. 200	1	9	8	5	5

Síguenos en redes sociales:

Contenido de asfalto real de la mezcla asfáltica con RAP

La adición de cemento asfáltico en la mezcla asfáltica con RAP, genera nuevos contenidos de asfalto en la mezcla, ya que considerara el cemento asfáltico que contiene la mezcla asfáltica reciclada y el asfalto nuevo adicionado, por lo cual es importante su correcta determinación por medio del horno de ignición para conocer el contenido de asfalto existente en la mezcla asfáltica.

Se realizaron mezclas asfálticas a una temperatura de 155 °C. Una vez que la mezcla asfáltica se encontraba perfectamente homogénea, se realizó el proceso de incineración por medio del horno de ignición.

Las mezclas asfálticas se fabricaron con los siguientes porcentajes de asfalto adicionado: 0%, 2,0%, 2,5%, 3,0%, 3,5%, 4,0%, 4,5% y 5,0%. La Figura 4 muestra los resultados obtenidos.

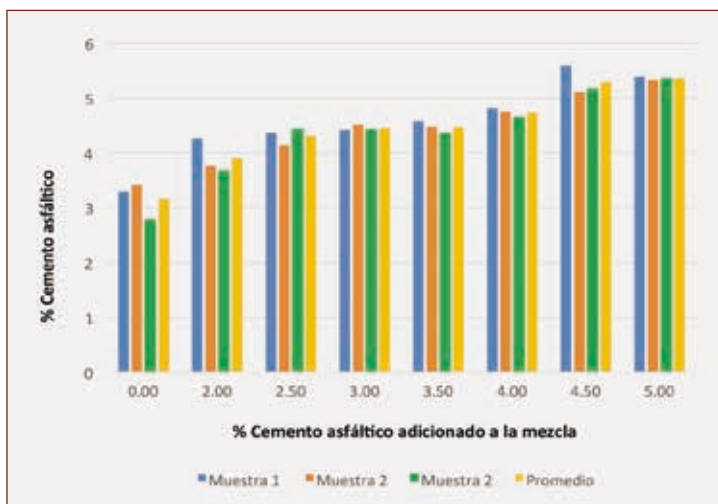


Figura 4. Contenidos de asfalto reales de la mezcla con RAP.

Una vez conocidos los porcentajes reales de la mezcla asfáltica con la dispersión entre los resultados obtenidos y los valores estimados, con el fin de reducir el número de ensayos. Para esto se utilizó la ecuación 1.

$$\% CA_{\text{Estimado}} = (A \times B) + (C \times D) \quad (1)$$

Donde:

A: Porcentaje del RAP

B: Contenido de asfalto del RAP

C: Porcentaje del material de aporte

D: Contenido de asfalto adicionado

La Tabla 4 presenta una comparación de los resultados obtenidos del contenido de asfalto medido y estimado de las muestras con RAP, donde se puede apreciar que no existe una diferencia significativa entre los resultados, por lo cual la ecuación 1 se puede aplicar para cualquier contenido de asfalto que se desee conocer.

Tabla 4. Comparación de los contenidos de asfalto con RAP

Pb _{RAP}	Pb _{Adicionado}	Pb _{Estimado}	Pb _{Medido}	εa
6,0	0,0	3,00	3,16	0,16
	2,0	4,00	3,90	0,10
	2,5	4,25	4,31	0,06
	3,0	4,50	4,45	0,05
	3,5	4,75	4,47	0,28
	4,0	5,00	4,74	0,26
	4,5	5,25	5,29	0,04
	5,0	5,50	5,36	0,14

Estimación de G_{se} de una mezcla con reciclado

En el diseño volumétrico de acuerdo con el Protocolo AMAAC, existe una ecuación que permite pasar del G_{mm}-G_{se}-G_{mm}. Esta serie de ecuaciones permite reducir el número de ensayos a realizar para cualquier diseño volumétrico, ya que con un valor conocido de G_{mm} de laboratorio (ASTM D 2041-11), y un contenido de asfalto, se puede estimar el valor del G_{se}, a partir de este valor se estima el valor de G_{mm} para cualquier contenido de cemento asfáltico. Para esto se utilizan las ecuaciones 2 y 3.

$$G_{se} = P_{mm} - P_b P_{mm} G_{mm} - G_b P_b \quad (2)$$

$$G_{mm} = P_{mm} [(P_s G_{se}) + (P_b G_b)] \quad (3)$$

Donde:

G_{se}: Gravedad específica efectiva del agregado

P_b: Contenido de asfalto

P_s: Contenido del agregado

P_{mm}: Porcentaje de masa toda de la mezcla suelta igual a 100

G_{mm}: Gravedad específica máxima de la mezcla

G_b: Gravedad específica del asfalto

Se realizaron ensayos de G_{mm} de acuerdo al procedimiento ASTM D 2041, para lo cual se fabricó mezcla asfáltica con RAP adicionando 2,0%, 2,5%, 3,0%, 3,5%, 4,0%, 4,5% y 5,0% de cemento asfáltico. El objetivo principal es conocer si las ecuaciones del Protocolo AMAAC para pasar del G_{mm}-G_{se}-G_{mm}, pueden ser aplicadas para diseños de mezclas con RAP.

A partir del G_{mm} obtenido de laboratorio se calculó el G_{se} para cada uno de los contenidos de cemento asfáltico evaluados, donde se encontró que el G_{se} no cambia su valor al ser una propiedad intrínseca del agregado, por lo cual se tomó el promedio de los valores obtenidos del G_{se} para obtener el G_{mm} estimado para cada contenido de asfalto. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados de G_{se} y G_{mm} de la mezcla con RAP

Pb _{Adicionado}	Pb _{Real}	G _{mm} Medido	G _{se}	G _{mm} Estimado	εa G _{mm}
2,00	4,00	2,564	2,734	2,564	0,000
2,50	4,25	2,555	2,734	2,554	0,001
3,00	4,50	2,547	2,737	2,545	0,002
3,50	4,75	2,539	2,739	2,535	0,004
4,00	5,00	2,521	2,729	2,525	0,004
4,50	5,25	2,515	2,734	2,516	0,001
5,00	5,50	2,503	2,731	2,506	0,003
$\bar{\chi}$			2,731		

De los resultados obtenidos en la Tabla 5, se puede apreciar que es posible aplicar las ecuaciones 2 y 3 cuando se realice un diseño de mezcla asfáltica con RAP, ya que las dispersiones de los resultados obtenidos entre el G_{mm} medido y el G_{mm} estima-

do muestran un error mínimo entre sus resultados y cumplen con la dispersión permitida en el método de prueba. La Figura 5 presenta los resultados del G_{mm} medido y estimado.

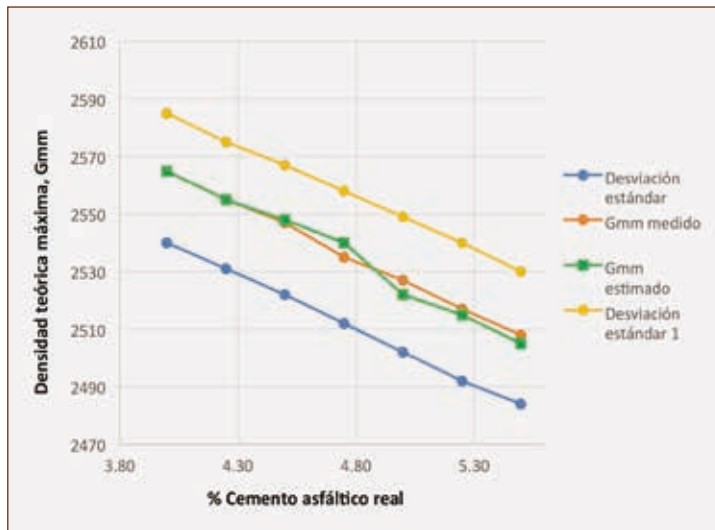


Figura 5. Gmm medido vs Gmm estimado.

Estimación del Gsb de diseño

La gran problemática que se tiene en un diseño con RAP, es determinar el valor del $G_{sb_{RAP}}$. Para esto existen 3 métodos para determinar este parámetro las cuales se describen a continuación (Anderson, 2005):

Método A: Determinar el Gsb a partir de la incineración del RAP.

- I. El RAP se separa por la malla No. 4.
- II. El material fino y grueso se incinera por medio del horno de ignición.
- III. Se obtiene la gravedad específica al material resultante de la incineración de acuerdo al procedimiento de prueba ASTM C127 y ASTM C128.

Para realizar los cálculos del Gsb se utilizó la ecuación 4. Los resultados obtenidos del $G_{sb_{RAP}}$ se presentan en la Tabla 6.

$$G_{sb_{RAP}} = P_1 + P_2 P_1 G_1 + P_2 G_2 \quad (4)$$

Donde:

$G_{sb_{RAP}}$: Gravedad específica bruta combinada del incinerado del RAP

P_1 : Porcentaje de material retenido en la malla núm. 4

P_2 : Porcentaje de material que pasa la malla núm. 4

G_1 : Gravedad específica de material retenido en la malla núm. 4

G_2 : Gravedad específica de material que pasa la malla núm. 4

Tabla 6. Gsb obtenido a partir de la incineración

G1	G2	P1	P2	$G_{sb_{RAP}}$
2,622	2,671	51	49	2,645

Método B: Calcular Gsb_{RAP} partiendo del Gmm_{RAP} y Pb_{RAP} , asumiendo el valor de Gse_{RAP} como el Gsb_{RAP}

- I. Se determina el Gmm_{RAP} .
- II. El RAP se incinera por medio del horno de ignición.

Para obtener el valor de Gsb_{RAP} se utiliza la ecuación 2. Los resultados obtenidos del Gsb_{RAP} se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Gsb obtenido a partir del Gmm y Pb del RAP			
Gmm_{RAP}	Pb_{RAP}	Gb_{RAP}	$Gse_{RAP} = Gsb_{RAP}$
2,528	6,0	1,03	2,786

Método C: Calcular el Gse_{RAP} a partir del Gmm_{RAP} , Pb_{RAP} , asumir porcentaje asfalto absorbido (Pba) basado en la experiencia de los materiales y calcular el Gsb_{RAP} .

- I. Se realiza el mismo procedimiento para obtener el Gse_{RAP} del método B.
- II. Asumir Pba basado en la experiencia de los materiales
- III. Calcular Gsb_{RAP}

Este procedimiento está basado en el reporte NCHRP 452 (McDaniel Rebeca, 2001) el cual estipula que para calcular el Gsb_{RAP} , es necesario el valor del Gse del método B, por lo que se tomará el valor obtenido de $Gse = 2,786$ y se asumirán 5 porcentajes de asfalto absorbido. Para obtener este parámetro se utiliza la ecuación 5. La Tabla 8 presenta los resultados obtenidos para el Gsb_{RAP} .

$$Gsb_{RAP} = Gse (Pba \times Gse100 \times Gb) + 1 \quad (5)$$

Donde:

Gsb_{RAP} : Gravedad específica bruta del agregado del RAP

Gse : Gravedad específica efectiva del agregado

Pba : Porcentaje de asfalto absorbido de la masa de la mezcla del agregado

Gb_{RAP} : Gravedad específica del asfalto del RAP

Tabla 8. Gsb obtenido a partir de valores asumidos de Pba			
Gse	Pba	Gb_{RAP}	Gsb_{RAP}
2,786	0,10%	1,03	2,779
	0,30%		2,764
	1,00%		2,713
	1,50%		2,678
	1,90%		2,650

Por otro lado, se conocen valores aproximados del Gse y Pba de la región (misma granulometría), los cuales corresponden a un valor de Gse = 2.642 y Pba = 0,10%, con estos valores se podrá calcular el Gsb a partir de la ecuación 5 para compararlos con los valores estimados del Gsb_{RAP}.

Tabla 9. Gsb obtenido a partir de valores conocidos			
Gse	Pba	Gb	Gsb
2,642	0,10%	1,03	2,635

A partir de los valores del Gsb_{RAP} de cada uno de los métodos evaluados, se calculó el Gsb de diseño (Gsbcombinado). Estos valores de Gsb tienen diferencias importantes, lo cual presenta un problema particular ya que de este valor dependen las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica. La comparación del Gsb de diseño se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10. Comparación del Gsb de diseño obtenido mediante distintas técnicas					
Método	Material	Proporción Mezcla	Pba	Gsb	Gsb _{combinado}
Material de porte	Grava	38%	-	2,636	-
	Arena	12%	-	2,495	-
Material de la región conocido		50%	0,10%	2,635	2,618
A	Pétreo RAP	50%	-	2,645	2,612
B	RAP	50%	-	2,786	2,691
			0,10%	2,779	2,687
			0,30%	2,764	2,680
C	RAP	50%	1,00%	2,713	2,656
			1,50%	2,678	2,639
			2,30%	2,650	2,612

Con los resultados obtenidos de la Tabla 10 se pudo destacar lo siguiente. Con los valores conocidos de la región (Gse = 2,642, Pba = 0,10%) y utilizando la misma granulometría se obtuvo un valor de Gsb_{combinado} de 2,618, al obtener el Gsb_{combinado} con el método A se obtuvo un valor de 2,612 lo cual representa una diferencia de 0,006 respecto al valor conocido. Para el Método B el valor de Gsb_{combinado} es de 2,691 obteniendo una diferencia de 0,073 respecto al valor conocido. Para el caso del Método C se propusieron distintos valores de Pba, con el fin de conocer como varía este parámetro en el Gsb_{combinado}, encontrando que conforme aumenta el Pba el Gsb disminuye. Para este estudio se observa que suponer un Pba igual a 2,3% se obtiene un valor de Gsb_{combinado}, más cercano al conocido. Sin embargo esta estimación no es tan sencilla ya que no siempre se

tienen los valores de referencia del lugar (banco, tipo de material o granulometría), por lo tanto se puede concluir que el método A estima de forma más sencilla y confiable el valor del Gsb_{RAP} .

Variación de las propiedades volumétricas

La evaluación de las propiedades volumétricas se realizó en especímenes compactados a 150 mm de diámetro y 115 mm de altura. Se utilizaron los mismos contenidos de asfalto realizados en el ensayo de Gmm. La Tabla 11 presenta los resultados obtenidos de los especímenes compactados con RAP.

Pb_{Real}	Gmb	Gmm Medido	Va
4,00	2,351	2,564	8,3
4,25	2,357	2,554	7,7
4,50	2,357	2,545	7,4
4,75	2,392	2,535	5,6
5,00	2,399	2,525	4,9
5,25	2,415	2,516	4,0
5,50	2,411	2,506	3,8

La Figura 6 presenta los resultados obtenidos del VAM variando el valor de Gsb obtenido con los métodos analizados. Se observa que con el método A, los valores del VAM tienden a ser más bajos lo cual está asociado al valor de Gsb determinado de la incineración. Para el método B los valores del VAM presentan los resultados más altos debido a que se está considerando el Gse como Gsb, lo cual es una sobreestimación del Gsb, además de que el error será mayor cuando se usen porcentajes más altos de RAP. Para el Método C se observa que al incrementar el valor asumido de Pba, los valores del VAM tienden a disminuir. Los valores del VAM se determinaron con la ecuación 6.

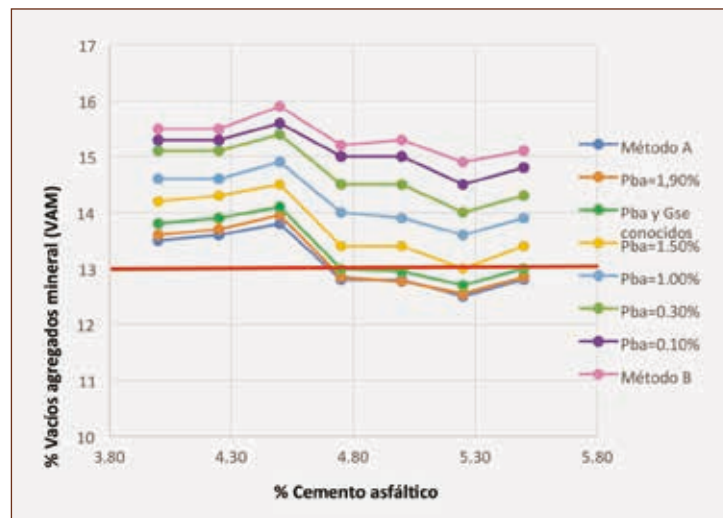


Figura 6. VAM vs Pb.

$$VAM = 100 - G_{mb} \times P_s G_{sb} \quad (6)$$

Donde:

VAM: Vacíos en el agregado mineral

G_{mb}: Gravedad específica bruta de la mezcla

G_{sb}: Gravedad específica bruta del agregado

En el caso del VFA, esta propiedad depende totalmente del VAM, por lo cual los valores con respecto al método A serán más bajos debido a que en el VAM los resultados son bajos. El método B sigue sobreestimando las propiedades volumétricas al presentar resultados más altos. Con el método C sigue presentando el mismo comportamiento, al aumentar el P_{ba} los valores tenderán a ser mayores y al disminuir el P_{ba} los valores tenderán a ser más bajos. Los resultados se presentan en la Figura 7. Los valores del VFA se determinaron con la ecuación 7.

$$VFA = VAM - VaVAM \times 100 \quad (7)$$

Donde:

VFA: Vacíos llenos de asfalto

Va: Vacíos de aire

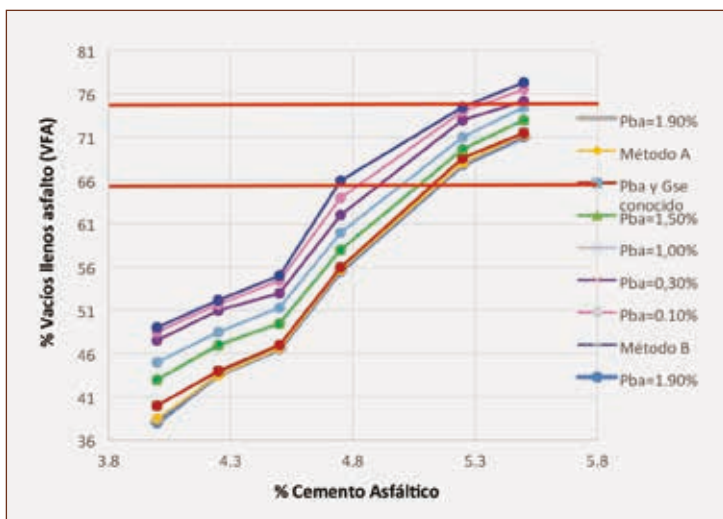


Figura 7. VFA vs Pb.

Conclusiones

En este estudio se evaluaron las propiedades volumétricas de una mezcla asfáltica con RAP utilizando 50% de material reciclado. De los resultados se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. El tipo de fresado influirá en la granulometría y homogeneidad del RAP.
2. La determinación de las propiedades del RAP son fundamentales antes de iniciar un diseño de mezcla asfáltica.
3. La expresión para estimar el Pb real en la mezcla asfáltica presento una buena sensibilidad, por lo cual permite calcular correctamente su valor, requiriendo tan solo el Pb_{RAP} .
4. Se pudo comprobar que si existe una relación entre el G_{se}-G_{mm} para mezclas con RAP.
5. De los métodos evaluados para la obtención del G_{sb} se destaca lo siguiente:
 - a) El método A permite conocer el valor del G_{sb} de una forma real, sin embargo, pudiera no ser aplicable en agregados que tengan cambios significativos en la gravedad específica, pero es el método que más se asemeja al valor real.
 - b) El método B arroja un valor alto de G_{sb} por lo cual se tendrían que cambiar los parámetros volumétricos.
 - c) El método C requiere suposición del P_{ba} por lo que requiere validación.

¿Quieres profundizar?

- [1] Asociación Mexicana del Asfalto, A. (2013). *Protocolo AMAAC PA-MA 01/2013³ "Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño"*. México, D.F.
- [2] Anderson, M. (2005). *Using RAP in the superpave mix design system*. Victoria, BC.
- [3] McDaniel Rebeca, A. M. (2001). *NCHRP REPORT 452 Recommended use of reclaimed asphalt pavement in the superpave mix design method: Technician's Manual*. Lexington, KY.



MADISA[®]

CAT[®]

CONSTRUYENDO JUNTOS A TRAVÉS DE LA HISTORIA

NUEVA GENERACIÓN DE PERFILADORAS

- Excelencia Rediseñada.
- Sistema de nivelación de corte automático.
- Cilindros con sensores de posición.
- Reducción de emisiones contaminantes al medio ambiente.
- Mejora en el rendimiento de combustible.



CORTE DE PRECISIÓN

CONTÁCTANOS

01 800 26 30146

www.madisa.com



El simulador de vehículos pesados, HVS Mark VI, en el Instituto Mexicano del Transporte de la S.C.T.

Paul Garnica A.
Roberto I. Hernández
Investigadores del IMT
pgarnica@imt.mx



Se define como ensayo acelerado de pavimentos a aquel estudio donde se aplica una carga controlada en una rueda tipo, sobre un sistema de pavimento multicapas con el objetivo de determinar la respuesta y su comportamiento bajo una acumulación de daño acelerado y controlado en un periodo corto de tiempo.

Los ensayos acelerados en pavimentos a escala real han demostrado ser una herramienta valiosa que llena el espacio que hay entre los modelos de comportamiento, pruebas de laboratorio y las pruebas de largo plazo en pavimentos en servicio (Figura 1). Se utilizan para comprender mejor el comportamiento de los pavimentos, tratamiento de materiales alternativos, evaluación de nuevos materiales y aditivos, nuevas técnicas de construcción, nuevos tipos de estructuras. Además de que permite una rápida comparación entre las actuales y nuevas prácticas y la capacidad de validar y calibrar modelos con datos de calidad, con mínimo riesgo y relativamente bajo costo. El *Heavy Vehicle Simulator* o HVS, es un equipo para realizar ensayos acelerados de pavimentos y México cuenta con uno de ellos, el modelo Mark VI.

¿Por qué hacer ensayos acelerados en pavimentos con el HVS?

El alcance en el área de investigación y desarrollo que puede realizarse con el equipo HVS es muy amplio,

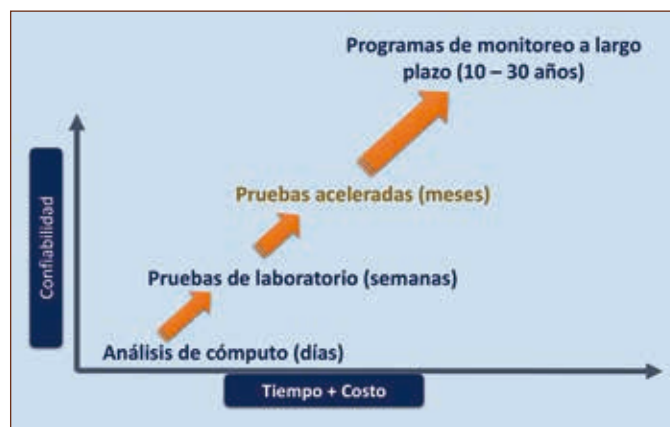


Figura 1. Relación tiempo + costo vs confiabilidad en ensayos en pavimentos.

los estudios se rigen con el enfoque de entender el comportamiento de los pavimentos de cualquier tipo y para diferentes modos de transporte, bajo diferentes condiciones de carga y ambientales, en periodos de tiempo relativamente cortos con un alto grado de confiabilidad.

Desde la perspectiva de la estructura del pavimento, estos estudios pueden clasificarse en:

- Determinación de capas débiles en una sección de pavimento y su modo de falla.
- Evaluación de la influencia ambiental en el desempeño. Ya sea temperatura o humedad.
- Pruebas comparativas modificando una sola variable en dos secciones de prueba idénticas.
- Identificar y resaltar las deficiencias en prácticas constructivas actuales.
- Evaluar nuevos materiales de construcción, aditivos y mejoradores de desempeño en materiales de pavimentación.
- Revisar especificaciones y normas de construcción antes de una implementación a gran escala.
- Calibrar y validar modelos de deterioro para el diseño estructural.
- Comparar procedimientos constructivos.
- Vincular pruebas de laboratorio con los resultados observados en campo.
- Evaluar el impacto de nuevas ruedas, límites de carga, presiones de inflado, etcétera.
- Evaluación de vida remanente en pavimentos en operación.

Desde el punto de vista económico se pueden realizar estudios como:

- Optimización de diseño de pavimentos, con el fin de prevenir sobre dimensionamiento o subdiseños que resultarían en fallas prematuras costosas.
- Reducción de costos de operación (interacción neumático-pavimento).
- Optimización y eficacia de acciones de conservación.

También se pueden hacer otros estudios, que dependerán de la preparación adecuada *in-situ*, en aquellas condiciones donde se involucren la aplicación acelerada de cargas, como pueden ser:

- Pavimentos aeroportuarios.
- Losas y traveses de puentes.
- Dispositivos adheridos a la superficie de un pavimento susceptibles al número de pasadas de ejes.
- Pavimentos en instalaciones portuarias.

En resumen, la gran ventaja que ofrece este equipo es que pueden acortarse los ensayos de alguna idea innovadora implementándolo a escala real, reduciéndose los costos comparados con tramos sometidos al tránsito real. El riesgo se reduce ya que también se controlan y reducen los factores de improvisación.

Características operativas

El HVS puede operarse en una pista de ensayos construida expresamente bajo un diseño experimental apropiado, donde se controlen las características constructivas del pavimento, aplicando cierto número de ciclos bajo una carga determinada y registrando el comportamiento del pavimento mediante un adecuado sistema de instrumentación.

El modelo Mark VI, con una longitud total de 32 metros y un peso de 48 toneladas, permite aplicar un rango de cargas que van desde media tonelada hasta 11, en dos ruedas (medio eje dual) para camiones pesados y hasta 20 toneladas en una rueda de aeronave, así mismo el equipo Mark VI puede ser operado en dos versiones, una corta con una viga central de 12 metros y una larga con una extensión hasta de 18 metros, esto permitiría, aumentar la sección de prueba de 9 a 15 metros, y también la velocidad, de una máxima de 12 km/h en la versión corta hasta 20 km/h en la versión larga. La viga de extensión también permitiría evaluar más de una sección al mismo tiempo dada su longitud. La aplicación de cargas puede ser unidireccional (ida o vuelta) o bidireccional (ida y vuelta), dependiendo del experimento y la velocidad de deterioro deseada. Por otro lado, para simular el *wandering* o vago del tránsito pesado en una carretera, también permite movimiento lateral de la aplicación de carga en una franja de 80 cm.

La versatilidad del equipo hace posible llevarlo campo, ya sea a un tramo en construcción o que incluso ya se encuentre operando, porque cuenta con un sistema de generación de energía autónomo, me-

diante un motor diésel-eléctrico, teniendo el mismo rendimiento que en condiciones controladas, operándolo con corriente de 440 voltios.

Para realizar un ensayo acelerado de pavimento, por un lado, tenemos el dispositivo principal que es el HVS para la aplicación de cargas, y por otro la pista de ensayos, la cual puede ser acondicionada con cámaras de temperatura controlada, usadas para evaluar mezclas asfálticas o concreto hidráulico o con sistemas de control de humedad, principalmente para susceptibilidad a la humedad en suelos. Todo dependerá del tipo de experimento a realizar, nivel de detalle y duración de la prueba.

El HVS además viene equipado con dos perfilómetros láser para conocer la evolución de la deformación de la superficie cada determinado número de ciclos (Figura 2).

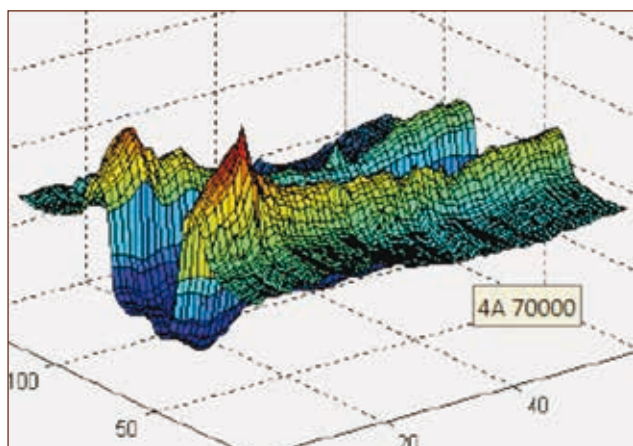


Figura 2. Gráfico en 3D de una sección de prueba con el perfilómetro láser.

Instrumentación

El monitoreo del deterioro de los pavimentos juega un rol muy importante en el entendimiento del comportamiento del mismo; la calibración del diseño de modelos de comportamiento dependerá sustancialmente de datos válidos de pruebas de campo recolectados mediante la instrumentación. El equipo también cuenta con un vasto sistema de instrumentación que incluye galgas extensométricas, celdas de presión, medidores de deflexión en juntas, termopares, y una tecnología desarrollada también por la CSIR (Council of Scientific and Industrial Research), lla-

mados MDD (*Multi-depth deflectometer*) o deflectómetros multiprofundidad.

Estos MDD se usan para medir las deformaciones elásticas o permanentes en las diferentes capas de las secciones de ensayo. El sistema de MDD, es una serie de transformadores diferenciales de variación lineal, mejor conocidos como LVDT, que se colocan dentro de una barra de 4 centímetros de diámetro en la sección de ensayo. Pudiendo colocarse hasta 6 módulos en cada perforación a cualquier profundidad, con la finalidad conocer la deformación que sufre cada capa del pavimento, con la acumulación de aplicaciones de carga.

Estos módulos se anclan al suelo presionando con fuerza unos pequeños balines de acero a las paredes de la perforación, la barra de referencia que indica la posición de cada LVDT, se ancla a la subrasante aproximadamente a 3 metros debajo de la superficie del pavimento, donde la influencia de la deformación permanente de cada capa es prácticamente nula.



Figura 3. Sección de ensayo con el HVS (a), Esquema de un MDD (b)

TODA HISTORIA MERECE GRANDES OBRAS



Conoce más sobre
esta gran historia
a través de nuestras
redes sociales.

VISEE



INFRAESTRUCTURA · CONCESIONES · MEDIO AMBIENTE



atencionacientes@vise.com.mx | 01-800-087-28-51

www.vise.com.mx





¡Inscríbete!



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Seminario Internacional del Asfalto

Retos en la preservación de pavimentos asfálticos



Tijuana, B.C., del 4 al 6 de octubre 2018

Invitación

La Asociación Mexicana del Asfalto (AMAAC), extiende la más cordial invitación a participar en el Seminario Internacional del Asfalto sobre **Retos en la preservación de los pavimentos asfálticos**, que se llevará a cabo del 4 al 6 de octubre en el hotel Real Inn de Tijuana, Baja California.

AMAAC, efectúa un esfuerzo para que se conozcan, difundan y apliquen en las prácticas de la ingeniería mexicana del asfalto las tecnologías de punta, para lograr proyectos sostenibles y sustentables, que se desarrollen en el corto plazo.

Este Seminario Internacional está dirigido a los funcionarios de organismos gubernamentales y a los directivos de operadores privados responsables de la conservación y desarrollo de las carreteras, al personal técnico involucrado en la planeación, programación, ejecución y supervisión de obras viales, a profesores universitarios, investigadores y estudiantes de ingeniería interesados en profundizar en el tema de la tecnología actual sustentable y sostenible del reciclado, así como de ensayos acelerados que los proyectos en la industria del asfalto requieren.

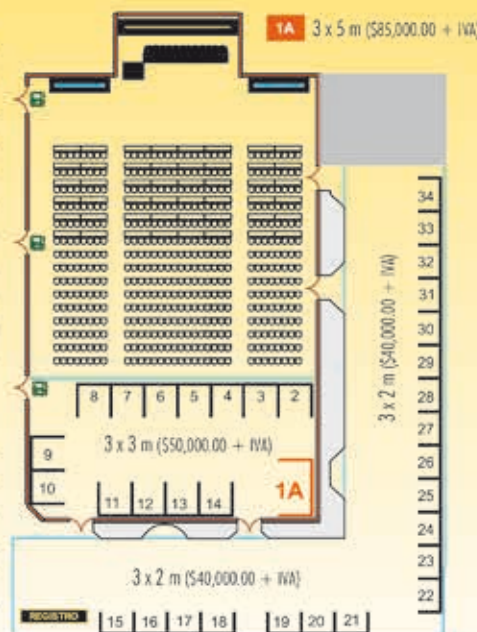
Para ello en este seminario se tendrá la intervención de ponentes reconocidos internacionalmente, que nos obsequiarán conferencias magistrales del tema, para permitirnos conceptualizar y desarrollar mejor los proyectos actuales en el orden de la preservación de los pavimentos asfálticos.

Stands

3 x 2m	\$40,000.00
3 x 3m	\$50,000.00
3 x 5m	\$85,000.00

cuotas + IVA

Salón de conferencias y ASFALTO



Inscripciones

	al 25 de mayo	al 25 de septiembre	en el evento
SOCIOS	\$ 5,000.00	\$ 5,700.00	\$ 6,500.00
NO SOCIOS	\$ 6,000.00	\$ 6,700.00	\$ 7,500.00
ACOMPANANTES	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
ESTUDIANTES (licenciatura)	\$ 1,800.00	\$ 2,000.00	\$ 2,500.00

cuotas + IVA

Datos para depósito

Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.
Citibanamex Suc. 0541
No. de cuenta 8612497
CLABE 002180054186124978
admon@amaac.org.mx

Informes e inscripciones

Asociación Mexicana del Asfalto, A. C.
Camino a Santa Teresa 187
Col. Parque del Pedregal
Ciudad de México, 14010
+52 (55) 5606-7962
seminariointernacional@amaac.org.mx

www.amaac.org.mx

www.amaac.org.mx

seminariointernacional@amaac.org.mx

Red HVSIA (HVS International Alliance)

Con el fin de intercambiar experiencias, y hacer más eficientes los estudios relacionados con el HVS, con esta adquisición, el IMT representando a México, forma parte de la red de 18 usuarios a nivel mundial, llamada HVSIA (Alianza Internacional de usuarios de Simuladores de Vehículos Pesados). Entre los países miembros se encuentran: Estados Unidos de América (FAA, US Army Corp of Engineers, DOT Florida, DOT California, Universidades de Texas y West Virginia), Sudáfrica, Finlandia, Suecia, Arabia Saudita, Corea del Sur, India, China, Costa Rica y México (Figura 4).

Esta alianza se originó formalmente en 2003, y tienen reuniones periódicas con el fin de promover y compartir todo el conocimiento relacionado con la tecnología HVS, intercambiar experiencias, resultados y metodologías de análisis, colaborar en el desarrollo de software, optimizar el uso de recursos a través de la coordinación de investigaciones paralelas, discutir y documentar prácticas relacionadas a la investigación y la implementación de resultados, identificar nuevas tecnologías y mejoras deseadas por el grupo, entre otros factores.

Conclusiones

El HVS es la herramienta ideal para entender mejor el comportamiento del pavimento dentro de un periodo corto de tiempo, además es un equipo muy efectivo en predecir el desempeño de cualquier combinación de capas de un pavimento, bajo las condiciones de tránsito que recibiría en su vida de diseño, con un alto grado de confiabilidad.

Con la utilización del HVS, se acorta sustancialmente el tiempo para implementar cualquier idea relacionada con nuevas tecnologías, materiales, especificaciones, diseño, calibración de modelos, o cualquier idea innovadora en tecnología de pavimentos, tanto para las infraestructuras carreteras como aeroportuarias y marítimas.

Si bien los costos de operar este equipo no son baratos, el impacto que puede aportar al mejoramiento de la infraestructura vial del país es enorme. Se deberá sensibilizar en la relación beneficio-costos, para sacar el mayor provecho de esta tecnología en México, la infraestructura nacional se lo merece.



Figura 4. Red HVSIA.

Estudio de la susceptibilidad a la humedad de mezclas asfálticas con RAP elaboradas en frío, mediante el ensayo de TSR

José Rafael Bernal Padilla,^[1]
Jorge Alarcón Ibarra,^[2]
Eymard Ávila Vázquez^[3]
rafa3_91@hotmail.com

Introducción

La infraestructura carretera en nuestro país juega un papel de suma importancia, ya que por ella transita la gran mayoría de las cargas y pasajeros, lo que conlleva al impacto directo en el crecimiento económico y social del país, por lo que es necesario la construcción, modernización y conservación de dicha infraestructura.

Las técnicas de conservación en nuestro país son muy variadas dependiendo de muchos factores, sin embargo, hay un factor que cada vez toma más protagonismo: la sensibilización sobre los temas ambientales, es decir, requerimos técnicas que nos permitan por un lado tener una infraestructura carretera con índices de desempeño satisfactorios, pero además que tengan un menor impacto ecológico que las tecnologías tradicionales. Es en esta parte donde el material reciclado de los caminos existentes, sumado a la disminución de la energía utilizada para la elaboración de la mezcla toma una importancia relevante.

El uso de emulsiones en México ha presentado una disminución en los últimos años, debido principalmente al desempeño mostrado en las mezclas fabricadas en frío, es por ello que requerimos dotar de alguna manera a dichas mezclas para que presenten el comportamiento deseado.

Las fallas más comunes en las mezclas asfálticas fabricadas en frío se presentan a edades tempranas, cuando no ha logrado alcanzar la resistencia necesaria. La inclusión de emplear el reciclado de los pavimentos asfálticos (RAP) en las mezclas en frío podría contribuir a compensar las deficiencias de este tipo de mezclas, toda vez que algunos estudios se ha mostrado que el material reciclado en mezcla en caliente no sólo actúa como una fracción de agregado adicional (roca negra), sino que el asfalto presente interactúa con el comportamiento mecánico de la mezcla (Anderson, 2001).

De acuerdo en algunos estudios realizados (Huerta, 2016; Vidal, 2011), una de las características que les aporta el RAP a las mezclas asfálticas, es el aumento de la rigidez, una propiedad mecánica en la que las mezclas en frío presentan valores que no permiten a este tipo de mezclas comportarse de manera adecuada, principalmente en su etapa inicial de construcción.

Proceso experimental

El estudio consideró el análisis de mezclas asfálticas con tres contenidos de RAP.
Compactación de las muestras

Materiales

Agregados pétreos

Los materiales pétreos utilizados fueron tomados del banco “La Letra” y “Derumbadas”, ambos localizados en la zona centro del país, en el Estado de Puebla.

Emulsión asfáltica

Para el proyecto se evaluó un grupo de cinco emulsiones asfálticas, del cual fue seleccionada aquella que mostró un comportamiento adecuado en la etapa de pre-diseños, dicha emulsión presentó las características de la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la evaluación de la emulsión			
Prueba	Método de prueba	Especificación	Valor obtenido
Contenido de cemento asfáltico, 204 °C, %	ASTM D244-95	60 min.	61,2
Viscosidad Saybolt Furol 25 °C, ssf	ASTM D88-94	5-100	31
Asentamiento a 5 días, %	ASTM D6930	5 máx.	4,8
Retenido en malla núm. 20, %	ASTM D244-95	0,1 máx.	0,0000
Pruebas al residuo de la emulsión			
Penetración a 25 °C, 100 g/5 seg, 1/10 mm			61,0
D (v,0,1)			2,98
D (4,3)			5,46
D (v,0,5)			4,98
D (3,2)			4,64
D (v,0,9)			8,32
span			1,071

Fórmula de trabajo

Para determinar la granulometría de diseño de acuerdo al Protocolo AMAAC, se hizo la consideración de la granulometría directa del RAP sin extraer el asfalto presente, ya que la mezcla se realiza a temperaturas ambientes, los grumos de RAP no se disgregan al ser incorporados a la mezcla. En la Figura 1 se muestra la granulometría de diseño usada en el estudio y se muestra la granulometría de la mezcla si se considera la extracción de asfalto por el proceso de incinerado.

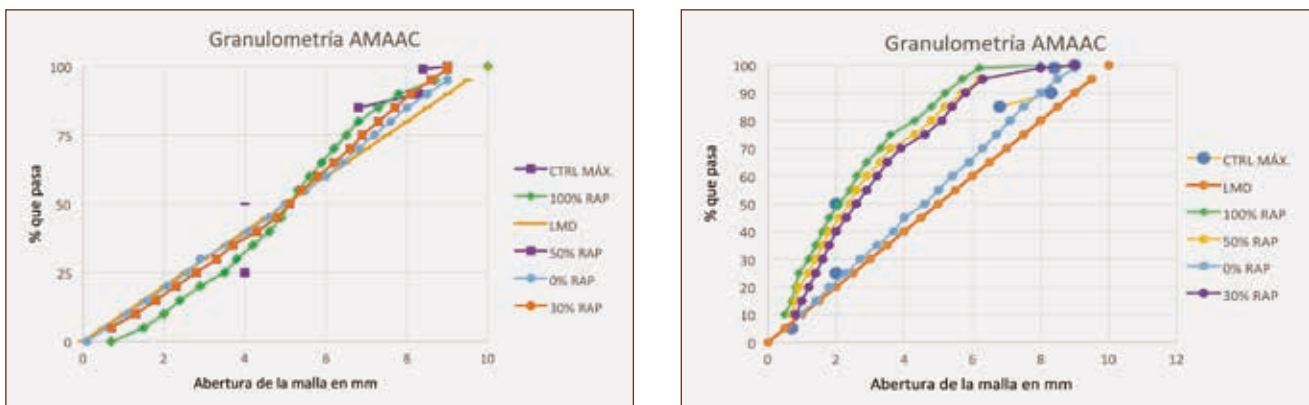


Figura 1. Granulometría de diseño, granulometría real de la mezcla (incineración).

Compactación y curado de las muestras

La compactación de los especímenes de prueba se realizó en compactador giratorio, a una altura promedio de 63,5 mm, con un límite máximo de 100 giros. Antes de la compactación, los especímenes fueron curados en un horno a 60 °C durante 72 h (3 días), con la finalidad de permitir la evaporación del agua presente en la mezcla hasta alcanzar la condición establecida en el proceso (60 y 70% de pérdida de humedad total inicial).

Finalizado el proceso de compactación, se obtuvieron las propiedades volumétricas de los especímenes. La densidad compacta de las pastillas (Gmb) se determinó mediante el uso de equipo de vacío de acuerdo a la norma ASTM D 6752-09, debido a que las muestras presentaron una absorción mayor al 2%.

Resultados

Propiedades volumétricas

En primera instancia, se obtuvieron los valores correspondientes a la gravedad teórica máxima (Gmm) de las mezclas; para su obtención las muestras se sometieron a un proceso de curado en un horno a una temperatura de 60 °C durante 72 h (3 días) para posteriormente efectuar el proceso establecido en ASTM D 2041 (Valdez, 2016). Los resultados de Gmm, Gmb y vacíos de aire son mostrados en la Tabla 2.

La Figura 2 muestra la variación presente en la densificación de las muestras en función del nivel de pérdida de humedad. Se observa cómo se pudieron lograr densidades ligeramente mayores cuando la presencia de agua en la mezcla fue menor, es

Tabla 2. Valores de Gmm, Gmb y % vacíos de aire

RAP, %	Contenido asfáltico, %	Contenido de humedad perdida, %	Valor Gmm, promedio	Valor Gmb, promedio	%Va, promedio
0 (CONTROL)	4,6	60	2,471	2,120	14,22
		70		2,125	14,00
	5,2	60	2,444	2,116	13,40
		70		2,149	12,05
	5,8	60	2,418	2,154	10,92
		70		2,163	10,53
30	5,6	60	2,441	2,110	13,55
		70		2,119	13,20
	6,2	60	2,427	2,127	12,35
		70		2,129	12,25
	6,9	60	2,401	2,139	10,89
		70		2,146	10,59
50	6,4	60	2,439	2,100	13,93
		70		2,106	13,67
	7,0	60	2,416	2,112	12,59
		70		2,111	12,60
	7,6	60	2,401	2,130	11,32
		70		2,126	11,48
100	9,4	60	2,359	2,093	11,26
		70		2,104	10,83
	10,0	60	2,339	2,109	9,80
		70		2,112	9,70
	10,6	60	2,320	2,111	9,02
		70		2,104	9,33

decir, a mayor pérdida de humedad (70%). También es posible notar la afectación producida por la tasa de RAP empleada, pues a medida que se incrementó el porcentaje, el nivel de vacíos de aire en las muestras compactadas disminuyó., siendo más evidente al pasar del 0 al 100% de RAP; lo anterior pudo haber sido generado por la interacción del asfalto presente en el RAP con la emulsión nueva añadida, facilitando el proceso de manejabilidad y acomodo de las partículas durante la compactación.

En las muestras con contenidos de 30 y 50% RAP se obtuvieron resultados semejantes entre ellos, lo que revela el debate sobre los factores que intervienen en la interacción del asfalto del RAP en los rangos descritos.

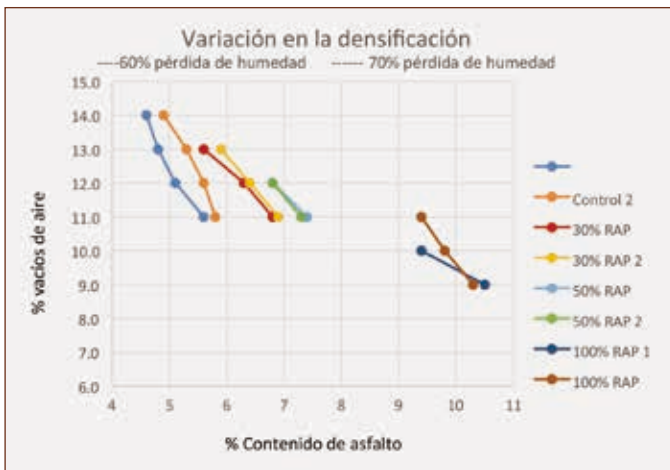


Figura 2. Variación del porcentaje de vacíos en función de la pérdida de humedad.

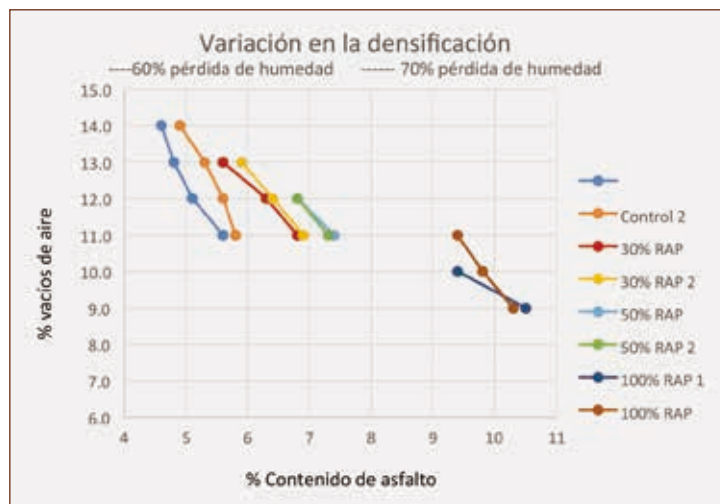


Figura 2. Variación del porcentaje de vacíos en función de la pérdida de humedad.

Evaluación de la prueba TSR

Determinado el porcentaje de vacíos de las muestras, se formaron 2 grupos, un grupo se evaluó en condición seca y el otro en condición húmeda. Los resultados del ensaye para la obtención del valor de TSR con base en AASHTO T 283, se obtuvieron mediante las ecuaciones 1 y 2.

$$TSR = \frac{\sigma_t \text{ húmedo}}{\sigma_t \text{ seco}} \times 100 \quad (1)$$

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi t D} \quad (2)$$

Donde:

TSR= Relación de esfuerzos a tensión indirecta (%)

t = Esfuerzo de tensión (psi)

P = Carga Máxima (lb)

t = Espesor del espécimen (plg.)

D = Diámetro del espécimen (plg.)

Los especímenes secos se acondicionaron en una tina con agua a una temperatura de 25 °C por un periodo de 2 horas y se evaluaron en la prensa de velocidad controlada, mientras que para los especímenes en condición húmeda se utilizó el picnómetro de vacío a una presión de 75 (mm de Hg) por un tiempo de 5 minutos, con el cual se logró saturar a las muestras en un rango de entre 70 y 80%, posteriormente se dejaron las muestras saturando a baño maría a 25 °C durante 24 horas. Finalmente se realizaron los cálculos correspondientes del ensaye en términos de esfuerzos a tensión. El total de especímenes ensayados fue de 144.

La Figura 3 muestra los resultados de los esfuerzos en condición seca a tensión bajo las condiciones de pérdida de humedad de 60% y 70%; se puede notar como las resistencias se incrementaron conforme el % RAP fue mayor, tanto en condición seca como húmeda, inclusive siendo de magnitudes del doble o mayores en las muestras con 100% RAP con respecto a la mezcla de control. De forma similar, los especímenes con 30 y 50% RAP evidenciaron comportamientos semejantes, lo que refuerza lo descrito en la sección 3.1.

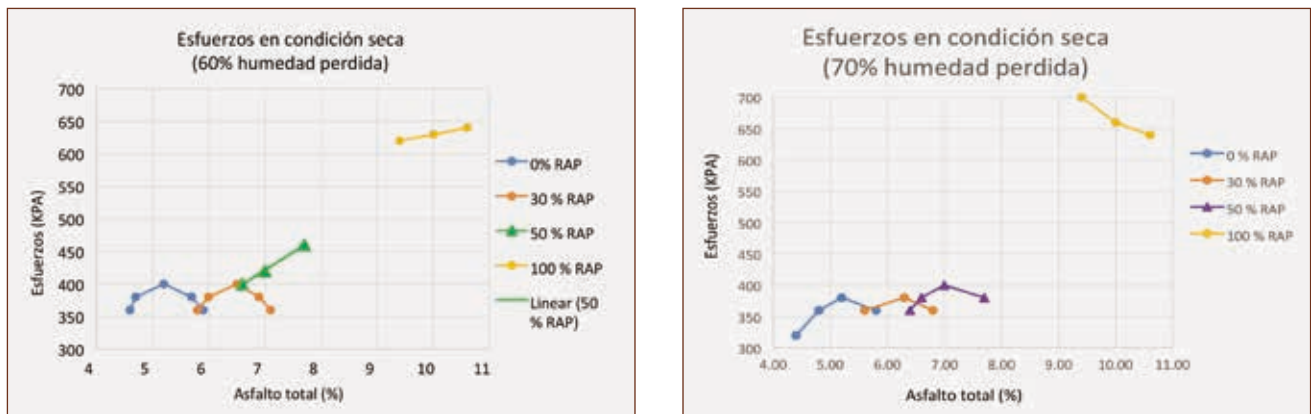


Figura 3. Esfuerzos en condición seca (60-70% de humedad perdida).

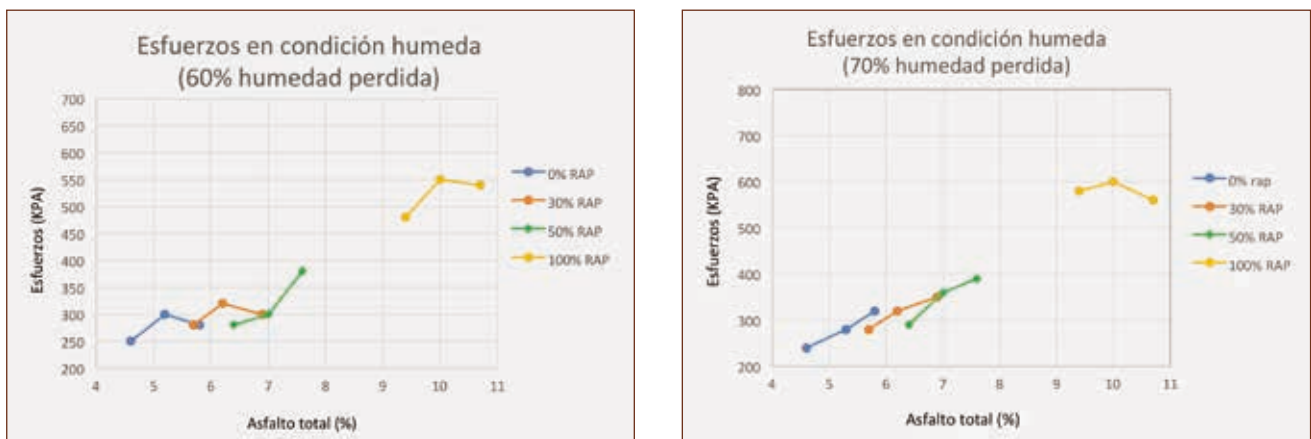


Figura 4. Esfuerzos en condición húmeda (60-70% de humedad perdida).

La Figura 4 contiene los resultados de esfuerzos a tensión de los especímenes acondicionados bajo humedad. Al igual que en el caso de la condición seca, la tendencia es similar al exhibir un incremento en la resistencia como resultado de la adición de RAP en la mezcla.

Derivado de los datos obtenidos en los ensayos de tensión indirecta se determinó para cada mezcla la retención de resistencia por el efecto de humedad. En la Figura 5 se muestra el resumen de resultados para cada una de las variantes evaluadas.

En el caso de las mezclas con 60% de pérdida de humedad, puede observarse que la mezcla de control presentó valores muy cercanos a la frontera de aceptación de una mezcla convencional en caliente (80% mínimo), que sin embargo

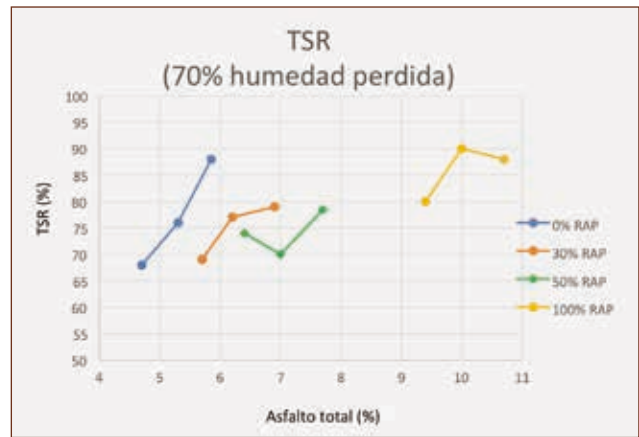
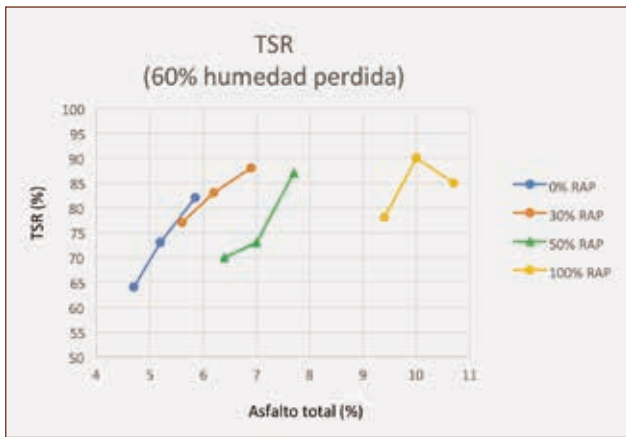


Figura 5. Resultados de TSR.

se vieron incrementados sustancialmente al emplear 100% RAP. Concentraciones menores del material reciclado también contribuyeron, aunque en menor medida a la respuesta por este fenómeno.

Por otro lado, en las mezclas con 70% de pérdida de humedad, la aportación fue igualmente muy visible a una tasa de 100% RAP y menos evidente en porcentajes menores.

Lo anterior podría representar un concepto clave para la selección de la proporción de RAP apropiada para un grupo de materiales y proyecto específicos, ya que ello significaría, de validar mediante una mayor gama de ensayos mecánicos en diseño y en campo (vida útil), la factibilidad de uso de tasas altas que mejoren la capacidad estructural de las mezclas elaboradas en frío.

Conclusiones y recomendaciones

- Este estudio permitió determinar el comportamiento de las mezclas asfálticas fabricadas en frío con diferentes tasas de material recuperado (RAP).
- La incorporación de material RAP permitió disminuir el contenido de humedad de premezclado conforme aumentó el porcentaje de RAP. Esto permitió reducir hasta el 50% humedad con respecto a la humedad de la mezcla de control (0% RAP).
- Se visualizó la importancia de la pérdida de humedad en la mezcla, previo al proceso de compactación: a mayor pérdida, mayor densificación de la mezcla, y por ende mayor resistencia a los esfuerzos de tensión solicitados.

- La incorporación de RAP contribuyó a la obtención de menor susceptibilidad a la humedad, debido principalmente a una película asfáltica de mayor espesor por el aporte del reciclado.
- La prueba de TSR permitió determinar y/o ajustar los contenidos óptimos de emulsión-agua de premezclado de los pre-diseños.
- Se recomienda realizar pruebas adicionales para determinar la tasa de RAP apropiada, para garantizar que las mezclas en frío se comporten de manera adecuada durante su vida útil.



¿Quieres profundizar?

- [1] Anderson, M. R. (2001). Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method. Technicians Manual. NCHRP Report 452.
- [2] Huerta, P. A. (2016). Análisis de Mezclas Asfálticas Recicladadas en Caliente Bajo los Parámetros de los Ensayos de TSR, Módulo Dinámico y Energía de Fractura. Puebla: División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil. México.
- [3] Vidal, G. A. (2011). Evaluación del Proceso de Fisuración en las Mezclas Bituminosas Mediante el Desarrollo de un Nuevo Ensayo Experimental "Ensayo Fénix". Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- [4] Ponce, A. V. (2016). "Análisis de desempeño de mezclas en frío utilizando distintas emulsiones, bajo el protocolo AMAAC". México.
- [5] Protocolo AMAAC: PA-MA 01/2013³, Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño

EMULSIFICANTES ASFÁLTICOS
ADITIVOS PARA MEZCLA TIBIA
ADITIVOS DE ADHERENCIA
MODIFICADORES REOLÓGICOS
ENTRECRUZANTE DE POLÍMEROS
ADITIVOS RAP



(33) 3284-1000 eXT. 1020, 1044, 1071.

ventas@quimikao.com.mx

www.quimikao.com.mx



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.



Curso para Laboratoristas Categoría Agregados 2018

Sede: Instituto Mexicano del Transporte

Fecha: 2 al 4 de mayo, 2018

Duración: Tres días de 09:30 a 17:00 h.

Cuotas de recuperación: Socio \$15,000.00 / No socio \$19,000.00 / IVA incluido



Curso para Laboratoristas Categoría Mezclas Asfálticas Nivel II 2018

Sede: Instituto Mexicano del Transporte

Fecha: 5 y 6 de junio, 2018

Duración: Dos días de 09:30 a 17:00 h.

Cuotas de recuperación: Socio \$16,000.00 / No socio \$19,000.00 / IVA incluido



Curso para Laboratoristas Categoría Asfaltos 2018

Sede: Instituto Mexicano del Transporte

Fecha: 4 al 6 de julio, 2018

Duración: Tres días de 09:30 a 17:00 h.

Cuotas de recuperación: Socio \$19,000.00 / No socio \$23,000.00 / IVA incluido



Informes: Oficina AMAAC: (55) 5606-7962 / eventos@amaac.org.mx

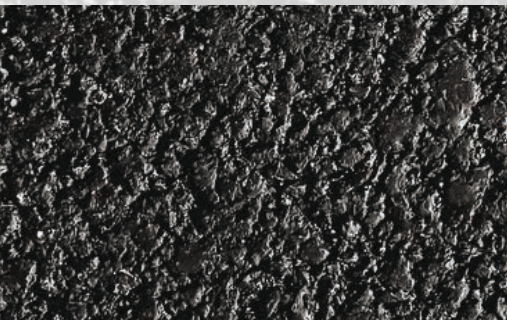
www.amaac.org.mx



¿Por qué asfalto? ¿Por qué pavimentos asfálticos?

Por ser un material amigable con el medio ambiente cuando se le usa adecuadamente, es de gran valor al permitir obtener mayores ahorros durante su vida útil – el cual es muy amplio – y tener mayores cualidades por ser recuperable, reciclable, reutilizable y renovable, haciéndolo un material cuasiperpetuo:

- Innovador
- Reciclable
- Renovable
- Reutilizable
- Recuperable
- Aplicable al 100%
- Otorga mayor calidad
- Se puede dar otro color
- Cuida el medio ambiente
- Otorga ahorros sostenibles
- Preserva sustentablemente
- Nos hace más competitivos
- Permite nuevas mezclas con menores temperaturas y emisiones
- **Permite crear infraestructura para el crecimiento**
- **Reduce la emisión de gases de efecto invernadero**
- Otorga mejor confort, seguridad y confianza al usuario
- Mejora el señalamiento horizontal por su mayor visibilidad
- Amplia la vida útil del pavimento
- Otorga tranquilidad al operario
- Reduce los gastos de operación
- Es apoyado por otras industrias
- Es la opción más económica
- Proporciona caminos seguros
- Confiable por sus características
- Tiene mejor operación de frenado
- Nos acerca a nuestras necesidades
- Aminora el desgaste de los vehículos
- Otorga el mejor retorno de la inversión
- Permite que el país alcance su grandeza
- Tiene un horizonte ilimitable en su aplicación
- Aminora el uso de recursos renovables



Hablemos de confort

- Investigaciones muestran que el asfalto reduce el ruido de los neumáticos de los vehículos de la carretera de 3 a 5 dB (A) y más.
- El asfalto se puede colorear y texturizar, permitiendo atractivos diseños y patrones.
- ¿Has notado que todas las pistas de carrera de Fórmula 1 son de asfalto, y te preguntas por qué?
- Las carreteras de asfalto tienen mejor visibilidad de las marcas viales.
- Pavimentos de asfalto pueden mantenerse y actualizarse cuando sea necesario de forma rápida y eficiente.
- A los usuarios de las carreteras de asfalto les encanta su marcha suave.
- Los pavimentos de asfalto acomodan los movimientos térmicos.
- Los pavimentos de asfalto proporcionan una superficie suave de marcha tranquila y antideslizante.
- Los pavimentos de asfalto se pueden mantener fácilmente. Eso significa que las actividades de mantenimiento se llevarán un tiempo limitado, con frecuencia se realiza poca actividad en horas o durante la noche.
- El asfalto proporciona un pavimento liso sin juntas.

Hablemos de la seguridad

- El asfalto es seguro para las carreteras.
- El asfalto ofrece una mejor visibilidad durante condiciones de lluvia.
- Las carreteras de asfalto son caminos seguros.
- El asfalto es seguro para los trabajadores de la carretera.
- Frenado seguro en camino mojado.
- Los contrastes de las marcas viales y el pavimento asfáltico son más fáciles de ver, haciendo más segura la carretera.
- Carril de color para bicicletas, paralelo con la carretera, es fácilmente visible por los usuarios.
- Un camino asfáltico uniforme transversal y longitudinalmente, con la granulometría correcta, proporciona una excelente resistencia al deslizamiento.
- Ayudando a gestionar de manera segura los residuos proteges el medio ambiente.





Israel Sandoval Navarro

Ingeniero Químico por la Universidad de Guadalajara, Gerente Técnico de Súrfax con 15 años de experiencia en asfaltos modificados, emulsiones y mezclas asfálticas. Primer técnico certificado, fuera de EUA, por el Asphalt Institute en Ligantes asfálticos. Participó como investigador invitado en el "Modified Asphalt Research Center MARC-UW" de la Universidad de Wisconsin-Madison, bajo la tutela del Dr. Hussain Bahia. Miembro de la "Association of Asphalt Paving Technologists, AAPT". Miembro del comité técnico de Emulsiones asfálticas de la AMAAC.

El equipo de trabajo estuvo conformado por Ing. Édgar Ruiz Zárate, responsable del área de asfaltos, Téc. Ignacio Ramírez Muñoz, técnico del área de asfaltos, Ing. Enrique Villa Huerta, responsable del área de mezclas asfálticas e Ing. Ignacio Cremades Ibáñez, presidente del consejo administrativo.



La Asociación Mexicana del Asfalto
felicitamos al **Ing. Israel Sandoval Navarro**
por obtener el
PREMIO FUNDADORES
Dr. Jorge O. Agnusdei e Ing. Helio Farah
en el XIX CILA 2017 en Colombia

DETERMINACIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE MEZCLADO Y COMPACTACIÓN MEDIANTE LA VISCOSIDAD A CORTE CERO.

Las temperaturas de mezclado y compactación tienen un importante impacto en la calidad y el desempeño de una mezcla asfáltica, existen diferentes trabajos de investigación donde se demuestra que la temperatura de construcción tiene una influencia importante en las propiedades mecánicas de la mezcla.

Existen diferentes métodos para determinar estas temperaturas en asfaltos convencionales para trabajos de laboratorio y regularmente estas temperaturas pueden servir como referencia para trabajos en obra, aunque se deben tomar en cuenta condiciones de campo. Entre estos métodos podemos encontrar el recomendado en "The Asphalt Handbook 7th Edition" del "Asphalt Institute", en este método se mencionan los rangos de viscosidad para mezclar y compactar además se menciona que estos rangos no aplican para asfaltos modificados, esto debido a que el comportamiento no-newtoniano de los asfaltos modificados provoca que resulten temperaturas muy altas, en la práctica está comprobado que se requieren temperaturas menores para poder mezclar y compactar adecuadamente. Esto ha llevado a que las temperaturas de mezclado y compactación para asfaltos modificados sean recomendadas por el proveedor del asfalto modificado o por el proveedor del polímero y estos seleccionan la mayoría de las veces la temperatura por experiencia, dejando siempre la incertidumbre de que estas sean las temperaturas adecuadas para ese asfalto debido a que estas temperaturas deben depender del comportamiento reológico del asfalto y no de la experiencia.

En este trabajo se desarrolla un método para determinar las temperaturas de mezclado y compactación para cualquier asfalto ya sea convencional o modificado basado en sus propiedades reológicas principalmente la viscosidad a corte cero y mediante un reómetro de corte dinámico, equipo que ya es muy común en los laboratorios dedicados a asfaltos en México.

Análisis de los mecanismos de fractura en pavimentos flexibles

J. F. Pérez-Landeros,⁽¹⁾

Ma. Luz Pérez-Rea,⁽¹⁾

Pedro Limón-Covarrubias,⁽²⁾

David Avalos Cueva⁽²⁾

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería, Universidad de Guadalajara

Introducción

En la actualidad en México los tipos de deterioro más usuales en los pavimentos son el desgranamiento, la deformación y el agrietamiento; este último es el más agresivo ya que está relacionado con la parte estructural de la carpeta asfáltica; dicha falla puede derivar en otras como lo son hundimientos, erosiones entre otros.

Dentro de los principales usos que se le pueden dar a los asfaltos como aglutinantes es la elaboración de carpetas asfálticas para la construcción de pavimentos flexibles.

Los materiales empleados en la construcción de carpetas asfálticas son productos asfálticos y materiales pétreos, estos materiales deben ser seleccionados de manera correcta, puesto que serán sometidos a distintas condiciones tanto de tránsito como climatológicas.

El asfalto se encuentra constituido principalmente por asfaltenos, resinas y aceites; los cuales le proporciona características únicas como son la consistencia, aglutinación y ductilidad, estas descritas en la norma N-CMT-4-05-001/05 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Además, cabe mencionar que los materiales asfálticos se clasifican en dos grupos, cementos y emulsiones asfálticos.

Por una parte, los cementos asfálticos son el producto de la destilación del petróleo, proceso en el cual se eliminan solventes colátiles y parte de sus aceites. La viscosidad de éstos varía con la temperatura, entre sus componentes se encuentra la resina, la cual produce adherencia junto con los materiales pétreos son excelentes ligantes.

De igual forma los materiales pétreos conocidos como rocas, material granular o agregado mineral, es cualquier material duro e inerte que es utilizado en forma de partículas graduadas o fragmentos que son parte sustancial del pavimento. Los agregados incluyen arena, grava, piedra triturada y polvo de roca, este agregado constituye el 90 o 50% en peso y volumen de régimen de 75 al 85%, el comportamiento de un pavimento se ve influenciado por la selección apropiada del agregado.

Como se mencionó anteriormente uno de los principales problemas es el agrietamiento por fatiga de las capas de mezcla asfáltica, este fenómeno es producido

principalmente por la repetición de las cargas producidas por el tráfico, las cuales van dando lugar a la progresiva fisuración y rotura de las capas de mezcla asfáltica de la estructura del pavimento, esta además se caracteriza porque no se generan estados de tensión que superen la resistencia máxima del material a la rotura por tracción en su fibra inferior, sino que se produce una micro-fisuración inicial, y consecuente del deterioro el cual va progresando hasta que se produce el fallo.

Análisis de los mecanismos de fractura

Al pasar de los años se han desarrollado nuevos procedimientos para la evaluación del comportamiento de fatiga en pavimentos, uno de los nuevos consiste en el uso del ensayo Fénix que según Pérez *et al.* (2010) el cual consiste en la aplicación de un esfuerzo de tracción a media probeta cilíndrica de mezcla asfáltica, la cual cuenta con una fisura de 5 mm a lo largo de todo su plano; la velocidad específica en el ensayo consta de 1,0 mm/min, cuando se encuentra la probeta preparada con la fisura inducida, se fijan a placa de acero en las dos secciones de la cara plana, las cuales están separadas por una entalladura, así mismo son fijadas a los soportes de la prensa, lo que permite un movimiento de rotación con respecto a las fijaciones.


Braham (2010) considera que las tensiones térmicas y cargas de tránsito son los dos factores principales para la iniciación y propagación de las grietas en el pavimento, dejando claro que la temperatura puede introducir tensión térmica que terminarían por la deformación total de la capa; sin embargo, las combinaciones de tránsito y sus diferentes combinaciones pudieran afectar de igual forma.

Otro procedimiento es el ensayo de fatiga a flexotracción en el que Roque *et al.* (2002) caracteriza el comportamiento de las mezclas asfálticas sometidas a cargas cíclicas, en un ensayo de fatiga por flexión en tres puntos, utilizando probetas primáticas; este consiste en aplicar una probeta apoyada en sus extremos y sujeta en su centro a un desplazamiento que varía con el tiempo según una función sinusoidal, hasta el fallo de la misma, con el que se encontraron dos parámetros críticos; el primero de ellos fue el colapso por compresión que está relacionado directamente con la deformación vertical, y el fallo por tracción que es generado por las tensiones y deformaciones tangenciales; como por ducto de las cargas repetidas del tránsito.

Si bien el ensayo de Barcelona de Tracción Directa (BTD) desarrolla a la par del sistema Superpave (Superior Performance Asphalt Pavement) desarrollado por Marcozzi (2003) buscan determinar la resistencia a la tracción, la energía de rotura o tenacidad, el módulo de carga y deformación rotura de las mezclas asfálticas. Lo que como resultado arrojó una nueva caracterización de los materiales ligantes a partir de sus propiedades mecánicas, puesto que éstas están directamente ligadas al comportamiento de fatiga y a la fisuración a bajas temperaturas.

Conclusiones

Una vez planteados los análisis teóricos realizados para la fractura de mezclas asfálticas, podemos resumir que algunos de ellos resultan poco viables, siendo necesario realizar investigaciones que propongan modelos que consideren a los

pavimentos como un medio continuo, homogéneo, isótropo y elástico en las temperaturas de trabajo, teniendo en cuenta que las mezclas asfálticas se diseñan con un grado PG adecuado a las condiciones ambientales de cada sitio. La no linealidad del material está presente todo el tiempo y puede ser considerada en dicho modelo. Tal vez no se pretenda modificar los métodos de diseño de las mezclas, ni las propiedades de los materiales existentes, sino la búsqueda de una metodología adecuada para evaluar el desempeño de las mezclas asfálticas bajo condiciones de servicio mediante una propuesta de ensayos innovadores que representen directamente las condiciones de falla de las carpetas asfálticas, así como la validación de tales procedimientos a través de un comportamiento mecánico. 

¿Quieres profundizar?

- ^[1] Pérez F. R., Martínez A. y Botella R. (2010) "Fenix Teste: Development of a new test procedure for evaluating cracking resistance in bituminous mixtures", Transportation Research Record, Vol 2181, p.p. 36-43.
- ^[2] Braham A., Buttlar W., Ni F. (2010) "Laboratory mixed-mode cracking of asphalt concrete using the singleedge notch beam", Road Mater Pave Des. 11: 947-968.
- ^[3] Roque R., Birgisson B., Zhang Z., Sangpetngam B. y Grant T. (2002) "Implementation of SHRP indirect tension tester to mitigate cracking in asphalt pavement and overlays", Final Report, Florida Department of Transportation, p.p. 1-240.
- ^[4] Marozzi G. (2003) "Análisis preliminar sobre la utilización del ensayo de tracción indirecta en mezclas asfálticas diseñadas mediante el sistema Superpave" Carreteras, No. 125.95.

¿Sabías que...

...todos los circuitos de *Fórmula 1*[®] están revestidos con asfalto?

Los autos y motocicletas de carreras requieren una superficie duradera, predecible y lisa. El pavimento asfáltico es la única superficie adecuada para los requisitos rigurosos del pináculo del automovilismo. Los diseñadores de circuitos deben tener en cuenta no solo el rendimiento extremo de los automóviles, sino también la seguridad de los pilotos, staff y espectadores. Las excelentes propiedades de fricción del asfalto también proporcionan el agarre necesario para los ángulos extremos de viraje experimentados durante las carreras de motocicletas, otra superficie podría hacer que se deslizaran como si estuvieran usando jabón.

Fuente: asphaltadvantages.com



Asociación Mexicana
del Asfalto A.C.

QUINTA REUNIÓN ACADÉMICO ESTUDIANTIL AMAAC

TEPIC, NAYARIT, 6 Y 7 DE SEPTIEMBRE DE 2018



CONVOCATORIA

INVITACIÓN:

La Asociación Mexicana del Asfalto, (AMAAC), a través del Consejo Directivo y el Comité Organizador, tiene el privilegio de invitar a los estudiantes de Ingeniería Civil, carreras afines, maestría y doctorado interesados en la fabricación y empleo de materiales asfálticos a participar en la Quinta Reunión Académico-Estudiantil AMAAC.

OBJETIVO:

Crear un acercamiento e interés de los jóvenes con el área de los pavimentos asfálticos. Con la finalidad de mejorar la calidad en la construcción y conservación de nuestras vías terrestres.

TEMÁTICA:

Mezclas asfálticas, agregados, asfaltos, emulsiones, aditivos y modificadores, estructura de pavimentos flexibles e impacto ambiental.

ACTIVIDADES:

- **Trabajos técnicos:** Se invita a las universidades y a sus estudiantes a presentar trabajos técnicos sobre la temática, quedando en libertad los autores de darle el enfoque que considere adecuado. Los interesados deben enviar sus trabajos totalmente terminados a más tardar el 3 de agosto, a tecnico4@amaac.org.mx a fin de ser evaluados. El tiempo de presentación durante el evento depende de los trabajos aceptados. Esta notificación será el 24 de agosto.
- **Jeopardy:** Se llevará a cabo el viernes 7 de septiembre. Los interesados deberán registrarse al correo electrónico: tecnico4@amaac.org.mx Los equipos estarán conformados por 5 participantes. Al momento de registrar al equipo, se proporcionará el temario de estudio. La dinámica comprende asfaltos, mezclas asfálticas y agregados pétreos. La fecha límite para registro de equipos es el viernes 24 de agosto. Sólo se puede registrar un equipo por escuela.
- **Taller de diseño de mezclas asfálticas:** cada participante inscrito a la Cuarta Reunión Académico Estudiantil AMAAC recibirá una guía de estudio sobre diseño de mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño. El 6 de septiembre se llevará a cabo un taller de diseño con gente experta en el tema, donde se resolverán las dudas que se tengan de acuerdo a la guía de estudio entregada.
- **Examen de certificación en diseño de mezclas asfálticas en caliente:** después de haber asistido al taller de diseño, todos los estudiantes que así lo deseen podrán registrarse el jueves 6 de septiembre por la tarde para presentar el examen de certificación en diseño de mezclas asfálticas en caliente el viernes 7 de septiembre, al finalizar el evento. Si la calificación es aprobatoria (80), la Asociación entregará un certificado como diseñador de mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño AMAAC-IMT.



Creando un programa de sustentabilidad – avanzando al futuro

Heather Dylla, Ph.D,
Martha K. Silver
HDylla@AsphaltPavement.org
Revista Pavement Asphalt

El mejoramiento continuo es una característica inherente de la sustentabilidad. Al comprometerse a un programa de sustentabilidad, su empresa se obliga a llevar a cabo un proceso continuo de mejoramiento.

En este artículo, consideramos la forma en que nuestra empresa puede utilizar su experiencia creando un programa de sustentabilidad para determinar su rendimiento ambiental, económico y social de la inversión (ROI), y hacer modificaciones a sus esfuerzos sustentables y mejorar esos beneficios.

Rendimientos sustentables de la inversión

Uno de los aspectos más difíciles de la sustentabilidad para el balance general dispuesto es que puede ser difícil calcular un rendimiento sobre la inversión. La definición tradicional de ROI es un porcentaje de rentabilidad para una inversión específica calculada por el beneficio neto sobre el costo de inversión multiplicado por 100. Sin embargo, ¿cómo calcula usted la rentabilidad para una inversión que no puede tener un objetivo económico?

Existen tres pilares de sustentabilidad. El pilar económico puede ser medido para el ROI clásico. El pilar ecológico ofrece algunas oportunidades directas para el ROI clásico, como el uso de pavimento de asfalto regenerado (RAP) y tejas de asfalto reciclado (RAS).

El pilar social es el menos probable para ofrecer oportunidades directas que generen un ROI clásico, pero es el más factible para ofrecer oportunidades indirectas. Por ejemplo, el ruido, el polvo y los esfuerzos de reducción de olores, las comunidades de casas abiertas, paisajes naturales, programas de empleados voluntarios, y apoyos con fines caritativos pueden lograr que usted sea un vecino más ecológico en su comunidad. Estos esfuerzos pueden ofrecer un beneficio financiero no inmediato; sin embargo, como un mejor vecino, su planta puede enfrentar menos conflicto con los miembros de la comunidad y tener las audiencias de zonificación más accesibles. Un mal permiso de zonificación podría costar a su empresa cantidades considerables. Los ahorros financieros ganados al evitar un gasto innecesario son en sí mismo un ROI valioso que deberá ser considerado al evaluar un programa.

Examine y revise su programa de sustentabilidad para maximizar el ROI

Para determinar su programa y aprovechar el mejor rendimiento, es necesario evaluar el programa general. Se deben revisar los elementos básicos que utilizó para crear su programa de sustentabilidad. Algunas organizaciones contratan una organización externa para que revisen su programa de sustentabilidad.

Evaluando su programa para aumentar el rendimiento ambiental, económico y social de la inversión.

Valores

El liderazgo de una compañía debe estar comprometido con el programa y apoyar las iniciativas en marcha. La creación de los valores empresariales es dictada, al menos en parte, por la autoridad de la compañía y sus convicciones.

¿Qué si alguien o algo ha cambiado? ¿Qué si ya tomó el mando la nueva autoridad? ¿Qué si ha sido un cambio y/o un aumento a los valores que la compañía tiene? En algún momento durante el año anterior ¿fueron cuestionados los valores de su compañía? Si es el caso, antes de proceder con un nuevo programa anual, repita el ejercicio para identificar los valores de la corporación. Identifique los valores, en los cuales los participantes tengan un interés, y en cualquier operación de sustentabilidad existente que se ajuste a dichos valores.

Participantes

Revise su inventario de participantes. Sus empleados, clientes, comunidad, vendedores, empleados potenciales y otros que compartan los mismos valores de su empresa y tengan interés en los resultados de sus operaciones sustentables.

Como empresa, usted ha presentado un informe de sustentabilidad a sus socios para compartir el progreso de sus esfuerzos y comprometer a los interesados en los debates y conversaciones al respecto. Ha pasado un año o más tiempo desde que por primera vez usted hizo un inventario de sus socios. ¿Qué clase de retroalimentación ha escuchado de sus socios? ¿Qué ha cambiado?

- Empleados: ¿Sus empleados hacen sugerencias sobre cómo mejorar

los diferentes proyectos de sustentabilidad? ¿Ellos comparten sus preocupaciones? ¿Proponen nuevos proyectos? Estas ideas deben ser recolectadas, grabadas y examinadas por un comité interno del programa de sustentabilidad de su empresa. Desarrolle un proceso para reconocerles a los empleados sus comentarios de retroalimentación que se utilizan para mejorar el programa de sustentabilidad de su compañía.

- Clientes normales y clientes potenciales: Controle el lugar de su mercado y ponga atención a las actividades de sus clientes. ¿Sus operaciones de sustentabilidad continuamente se combinan con sus valores? ¿Su empresa está ofreciendo a sus clientes regulares y a los potenciales datos registrables de sus operaciones de sustentabilidad en un formato que ellos pueden utilizar al evaluar el valor agregado que usted les proporcionó para evaluar y documentar sus propios esfuerzos para reducir su propia huella de carbono? Un ejemplo de esto es la declaración de un producto ambiental (EPD). Una mezcla de asfalto EPD permite a los dueños de carreteras y oficinas de gobierno comparar el impacto ambiental de las diferentes mezclas de los diferentes contratistas- proporcionándole un ROI mayor para los esfuerzos de sustentabilidad en su planta.
- Comunidad: Sus esfuerzos de sustentabilidad le han ayudado a ser un buen vecino y su compañía ha comunicado estos esfuerzos. Su planta ha reducido el polvo y las emisiones de ruido, proporciona viajes educativos, tal vez usted tiene un programa de empleados voluntarios donde éstos emplean

su tiempo en participar en las actividades de mejoramiento de la comunidad. El resultado ha sido una mejor relación con los miembros de la comunidad y un proceso de zona más fácil; sin embargo ¿cuenta usted con un método para comunicar las nuevas inquietudes de la comunidad? ¿El método asegura que dichos asuntos se registraron y se incrementaron de tal manera que la administración ejecutiva está al tanto y pueda considerar la acción como la apropiada? El pilar social de sustentabilidad puede tener un impacto económico en compañías; esto debería ser tratada como un asunto importante de negocios.

- Proveedores: Cuando usted necesite supervisar el mercado y asegurarse de que está logrando satisfacer las necesidades de sus clientes para ayudarles con sus requerimientos de productos sustentables, servicios y documentos, su empresa deberá revisar periódicamente junto con los proveedores que estén al tanto del progreso de su programa de sustentabilidad, de sus objetivos y cualquier otro problema que ellos puedan ayudarle a resolver. Mientras usted y su programa de sustentabilidad puedan contribuir con sus clientes para que alcancen sus metas de sustentabilidad, apóyense en sus proveedores y pídanles que los ayuden a cumplir con sus metas.
- Inversionistas: Usted les ha proporcionado a sus inversionistas un informe de sustentabilidad corporativo acerca del progreso del programa del año pasado. Dependiendo del tamaño de su empresa y la estructura, usted también tiene requerimientos legales y deberá saber cómo interactuar legalmente con su grupo especial de partici-

pantes. Algunas compañías pueden calificar para el Dow Jones Sustainability Index.

- Supervisores: El reunir, registrar y reportar datos es fundamental para comprometerse en una relación productiva con los supervisores. ¿Su programa de sustentabilidad ha reducido sus emisiones de gas de efecto invernadero en una forma considerable? Muéstrelas a ellos los datos. ¿Su tasa de registros de daños disminuyó sustancialmente desde que los nuevos procedimientos se pusieron en práctica? Estas cifras junto con un diálogo acerca de los niveles apropiados de mejoramiento, son la clave para satisfacer las necesidades de este grupo de participantes. Las normas del ISO 14001 y del ISO 45001 para los sistemas de administración ambiental y salud ocupacional y de seguridad respectivamente son documentos de referencia muy buenos para reafirmar que está al corriente con los últimos requerimientos.

Revisión de operaciones. Conocimiento agregado

Cuando usted elaboró sus metas para su programa de sustentabilidad, usted también tuvo que haber establecido parámetros cuantitativos y/o cualitativos para determinar el progreso del programa. ¿Cómo ha funcionado su programa? Al prepararse para su programa del año próximo, ahora es tiempo para que el comité reúna los parámetros y la retroalimentación de los participantes, y determinar qué cambios operacionales y metas deberán alcanzarse para optimizar un ROI sustentable.

Sabiendo que el mejoramiento continuo es una etiqueta de éxito de pro-

gramas de sustentabilidad, los aspectos de sus operaciones y objetivos necesitan ser evaluados para asegurar que su compañía está maximizando el posible ROI de sus operaciones sustentables.

- Nuevas Tecnologías: Al revisar sus operaciones sustentables ¿Su empresa ya tiene conocimiento de las nuevas tecnologías que harán con más eficiencia sus operaciones sustentables? ¿Estas tecnologías han probado que vale la pena su inversión potencial? Las innovaciones tecnológicas a menudo “cambian el juego” y corresponde a las compañías permanecer vigilando los documentos de investigación y casos de estudios que ofrecen soluciones nuevas y mejoradas para los objetivos operacionales ya existentes.
- Capacitación/Vínculos entre Colegas: Así como la sustentabilidad es un mejoramiento continuo, la sustentabilidad en sí es una continuación al progreso. En la industria de los pavimentos asfálticos, EPD's y el análisis de ciclo de vida (LCA's); el asfalto poroso; los materiales reciclados y recuperados; y alguna nueva planta y equipo de pavimentación están siendo promovidos como sustentables. Es importante que su empresa participe en las oportunidades de intercambio para establecer contactos y aprender a usar el más reciente estudio publicado que pudiera afectar sus operaciones sustentables. Cuando no hay aprendizaje ¿Cómo puede haber mejoras?
- Evaluación Comparativa: los grupos que trabajan en la industria, las asociaciones y otros están creando los medios para la evaluación comparativa de operaciones sustentables. Uno de los beneficios es que proporciona a las compañías la

capacidad para comparar sus datos con los promedios de la industria y evalúa su progreso hacia objetivos de mayor eficiencia. Los programas de sustentabilidad reúnen datos para comunicar el progreso con los beneficiarios y para medir y hacer mejoras.

La evaluación comparativa le dará una idea a su empresa de cuantas mejoras puedan ser necesarias

Revisión de Objetivos

Cuando su empresa esté lista para revisar los objetivos de su programa de sustentabilidad, no tema expresar los malos resultados que no alcanzaron su meta. Reúna los datos, el conocimiento reciente, el estudio y la retroalimentación de los socios para determinar una nueva estrategia. Decida si la operación en cuestión simplemente requiere de ajustes o si hubo una falla importante en la premisa original que ahora pueda corregirse. ¿El objetivo era apropiado pero las operaciones no fueron eficientemente ejecutadas? ¿El objetivo fue demasiado ambicioso? ¿Su empresa logró su objetivo apropiadamente, pero las necesidades de seguimiento necesitan cambiar para el mejoramiento de los resultados? Fije sus nuevos objetivos respectivamente.

Si los objetivos de las operaciones sustentables aumentan, disminuyen o se selecciona una nueva operación para reemplazar una ya existente, los participantes valoran el deseo y el esfuerzo genuino para mejorar. Comparta sus planes con los empleados. Celebre los buenos resultados, ellos participaron al hacerlos realidad. Y recuerde con cada año sucesivo que la mejora continua significa un mayor ROI para su empresa.





TRA SENDA INGENIERÍA, S A DE CV

proyecto + construcción + supervisión



...en el camino

www.trasenda.com.mx

ingenieria@trasenda.com.mx

Avenida Guadalupe 5197, Jardines de Guadalupe, C.P. 45030

Zapopan, Jalisco, México Tel. (33) 3620-8226

La apuesta **segura**
por el líder en
equipos de ensayos
de pavimentos



EMS TECH
Electromechanical
Servoactivation
Technology



Verdadera **Innovación**,
Asesoramiento experto,
Soporte Técnico

www.controls.com.mx

La más amplia gama de equipos **Protocolo AMAAC** Niveles I, II, III y IV

T (+52 55) 5532 0799 - 5532 0722

Desde **1995**
estamos presentes
en **México**

EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A. DE C.V.

Avenida de la Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda - Atizapán de Zaragoza - Estado de México, C.P. 52959

info@controls.com.mx

ENERGÍA

- COMBUSTIBLE ALTERNO Y COMBUSTÓLEO
- TRANSPORTE ESPECIALIZADO

www.gmarca.com

VÍAS

TERRESTRES

- ASFALTOS, EMULSIONES Y MODIFICADOS
- ADITIVOS PARA ASFALTO Y COLORANTES
- ESTABILIZADOR IÓNICO DE SUELOS
- LABORATORIO NIV. II AMAAC
- RENTA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS PARA RIEGOS

[CAT 018007171800](tel:018007171800)

GMMC

- GRUPO MULTISERVICIOS PARA LA CONSTRUCCION -

MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN

- PINTURAS E IMPERMEABILIZANTES
- ESMALTES Y EPÓXICOS
- SUPERFICIES DEPORTIVAS
- SELLADORES PARA PAVIMENTOS, GRIETAS Y BACHES

PENETRA **TOPSEAL** **ULTRALINK** **BITUELASTIC**

SOLUCIONES ASFÁLTICAS

HELLOS

VIAL

Novocoat

petrien

DOCTOR BACH

GRAVELOCK
Soil Consolidation Aid

SEAL FLEX

OMNIV

SMEDT