

ASFÁLTICA

REVISTA TÉCNICA



pavimentar es un arte

- ☞ **Alternativa de evaluación adicional de la susceptibilidad a la humedad en mezclas asfálticas**
- ☞ **Determinación del valor de sorción de azul de metileno para fillers mediante espectrofotometría visible**
- ☞ **El simulador de vehículos pesados, HVS, el equipo para pruebas en pavimentos a escala real**



▶ **DEDICADOS A LA
EXCELENCIA**

ENCUÉTRANOS

**GRAN CAPACIDAD DE
almacenamiento y el mayor
distribuidor de PEMEX.**

MAS DE 30,000 KM
construidos con Asfalto
Modificado Stylink^{MR}





PAVE DOCTOR PLUS



» Pave Doctor Plus

Fusiona la tecnología de nuestro **Radar Óptico de Penetración HyperPav** y nuestro perfilómetro láser PaveDoctor para realizar detalladas inspecciones del pavimento a velocidad de operación de la vía. El HyperPav, además de determinar los espesores del pavimento en un ancho de 3.6 m, obtiene el Análisis de Composición del Pavimento (contenido de asfalto, vacíos en el grado mineral, contenido de agua, peso volumétrico seco y porcentaje de vacíos de aire), mientras el PaveDoctor genera una imagen 3D del pavimento determinando profundidad de rodadura, nivel de agrietamiento, secciones transversales, reflexión de las marcas viales, radios de curvatura y perfil longitudinal al tiempo que ejecuta fotografía continua.



TECNOLOGÍA DE EVALUACIÓN CONTINUA DE PAVIMENTOS

» Auscultación y Gestión de Pavimentos

Ponemos a su servicio, vehículos instrumentados con la más avanzada tecnología disponible a nivel mundial para la auscultación y gestión de pavimentos, mismos que realizan la medición continua de estándares de desempeño y de las características estructurales de los pavimentos, tanto carreteros como aeroportuarios.

ViaFriction^{patented}

Determina el coeficiente de fricción del pavimento en forma continua y eficaz a la velocidad de operación de la vía. Es un dispositivo de alto rendimiento que cuenta con gran autonomía, sistema de fotografía continua y GPS.



www.innova3.com.mx

CIENCIA APLICADA A LOS PAVIMENTOS

Carretera Estatal a Coronango 306 Int. 18B Residencial El Lucero, San Pedro Cholula Pue.
tel. (222) 289 7932 · 573 90 09 / pavimentos@innova3.com.mx

VISE

EsLaGenteNoLaObra



Durante más de 50 años hemos desarrollado obras con sentido social que conectan vidas, sueños e ideales. Nuestros proyectos llevan desde la planeación, ejecución y uso final, un enfoque humano integral que garantiza obras cuyo beneficio trasciende a contribuir a un mundo mejor.

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



Sumario

- 6** Alternativa de evaluación adicional de la susceptibilidad a la humedad en mezclas asfálticas
- 15** Determinación del valor de sorción de azul de metileno para fillers mediante espectrofotometría visible
- 23** El simulador de vehículos pesados, HVS, el equipo para pruebas en pavimentos a escala real
- 29** Amor, paz y... asfalto
- 32** Evaluación de mezclas asfálticas de alto desempeño con aditivo creado a base de nanotecnología
- 43** Evaluación de las propiedades volumétricas de una mezcla asfáltica de alto desempeño elaborada con agregado mineral con baja resistencia a la carga abrasiva
- 54** Planeación y organización: nuevo enfoque

Presidenta

Verónica Flores Déleon

Vicepresidentes

Carlos Humberto Ruiz Muñoz
Raymundo Benítez López
J. Jesús Martín del Campo Limón

Secretario

Luis Eduardo Payns Borrego

Tesorero

Abel René Ortega Osorio

Vocales

Javier Gutiérrez Cisneros
Francisco Javier Moreno Fierros
Daniel Montemayor Aguirre
Arturo Valdez Covarrubias
Horacio Delgado Alamilla
Fernando Mazín Cristo
Mario René Preza González

Comité de Vigilancia

Leonardo Nahle Ortiz
Ricardo Rives Robles
Alejandro Jiménez Cabrera

Comisión de Honor

Fernando Pérez Holder
Roberto Garza Cabello
Ignacio Cremades Ibáñez

Director General

Jorge E. Cárdenas García
dirgral@amaac.org.mx
www.amaac.org.mx

Diseño y formación

Lizbeth de Lucio



Editorial



Preparádonos para el Seminario Internacional del Asfalto, con el tema: “Nuevas tecnologías sustentables en los pavimentos asfálticos”

Durante el segundo trimestre del año, en AMAAC hemos continuado con la capacitación, en esta ocasión estuvimos presentes en las ciudades de Aguascalientes, Monterrey y Puebla, sumando así a nuevos integrantes al gremio y también con una especial dedicación hacia los jóvenes estudiantes, a quienes se han ofrecido diversas conferencias y visitas a obras en construcción.

Cabe también destacar la reciente terminación del Diplomado IPADE-AMAAC, en su séptima edición ininterrumpida desde 2010, donde han participado a la fecha 179 directores, subdirectores y gerentes de empresas socias, así como funcionarios públicos.

Como ya es tradición durante los años pares se organiza una capacitación especial, es por ello que la Asociación Mexicana del Asfalto prepara el Seminario Internacional del Asfalto, evento que tendrá lugar del 12 al 14 de octubre de 2016 en el Hotel RIU de la ciudad de Guadalajara, Jalisco.

Contaremos con la participación de expositores especialistas nacionales y extranjeros con un total de 18 conferencias magistrales que serán el foro adecuado para conocer la experiencia nacional e internacional, así como las tendencias en la investigación y el desarrollo tecnológico sobre el uso de los asfaltos y los retos que están por venir.

Estos destacados conferencistas que vienen de Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Holanda, Dinamarca, España y por supuesto de México, abordarán temas tan interesantes como: Las mezclas templadas con emulsión bituminosa, una solución ecoeficiente para firmes de carreteras; Mezclas bituminosas sostenibles:

experiencia de la Universidad de Granada; Avances en la automatización de equipos para la detección de grietas; El ensayo acelerado de firmes como herramienta para la sostenibilidad de los pavimentos asfálticos; Nueva generación de maquinaria y equipo para mezclas asfálticas; Asfalto espumado; Casos de éxito de la aplicación de SMA (Stone Mastic Asphalt); Pavimentos especiales para aeropuertos, entre los temas más destacados al momento.

Invitamos a funcionarios de organismos gubernamentales, directivos de empresas involucradas en la cadena productiva del asfalto, al personal técnico responsable de la planeación, programación, ejecución y supervisión de obras viales, así como a profesores universitarios, investigadores y estudiantes de ingeniería, interesados en profundizar en el tema de la tecnología actual, a sumarse a este Seminario Internacional que siempre se ha distinguido por ser un foro técnico de la más alta calidad, que —sin lugar a dudas— promueve la evolución de la industria del asfalto en México, para un mejor diseño, construcción y conservación de nuestros pavimentos asfálticos con las especificaciones requeridas dentro de un marco de eficiencia y sustentabilidad.

¡Los esperamos y estaremos muy complacidos de seguir trabajando juntos a favor de la industria del asfalto en México!

Ing. Verónica Flores Déleon
Presidenta del Noveno Consejo Directivo



Vallefreda, 1869

Eugenio Landesio (1810-1879)

Como profesor en la Academia de San Carlos se dedicó por mucho tiempo a formar pintores paisajistas; y si bien no logró establecer lo que se llama propiamente una escuela de paisaje, no por ello dejó de formar excelentes pintores. En 1877 regresa a Italia.

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

Alternativa de evaluación adicional de la susceptibilidad a la humedad en mezclas asfálticas

Eymard Ávila Vázquez
SemMaterials México
eavila@semgroupcorp.com

Introducción

Existen una serie de procedimientos para predecir la susceptibilidad a la humedad de las mezclas, se dividen en dos categorías: pruebas cualitativas y cuantitativas de esfuerzos. En el primer grupo se distinguen el ensaye de ebullición o Boiling test (ASTM D3625) y la prueba de inmersión estática (AASHTO T182). Entre las pruebas cuantitativas se encuentran la prueba de Lottman (NCHRP 246), el acondicionamiento Tunncliff y Root (NCHRP 274), el ensaye modificado de Lottman (AASHTO T283), la prueba texana de pedestal congelamiento-descongelamiento y la prueba de inmersión-compresión (AASHTO T165).^[1]

Actualmente en México, el método más utilizado para evaluar el comportamiento de la mezcla al daño inducido por humedad, tanto en la etapa de diseño como en el proceso de control de calidad, es el correspondiente al establecido en AASHTO T283,^[2] ensaye modificado de Lottman. Una mezcla se considera adecuada cuando la pérdida de resistencia en los especímenes sometidos a un proceso de humedad, congelamiento y calor con relación a especímenes en estado seco es inferior al 20%. En condiciones desfavorables a este criterio la sugerencia común consiste en el uso de aditivos mejoradores de adherencia que proporcionen un enlace químico más fuerte entre el material pétreo y el asfalto, el uso de cal hidratada como filler en la mezcla para reducir el efecto negativo de la arcilla presente en la mezcla^[3] o bien el cambio de propuesta granulométrica y/o fuente de materiales.

Justificación

Durante la etapa de control de calidad en la construcción de carpetas asfálticas, es imprescindible realizar la evaluación de la mezcla con la finalidad de comparar sus características de composición y resistencia con relación a una mezcla de control predefinida en el diseño de laboratorio. El diseño de referencia aprobado previamente deberá indicar un porcentaje superior al 80% de TSR, y será éste el valor objetivo a obtener durante el proceso de control de calidad. Sin embargo, esta situación podría dar cabida a una limitada interpretación de los datos e inclusive a la incorrecta clasificación de la capacidad de la estructura, veamos el siguiente caso ejemplificativo:

Tabla 1. Caso hipotético de valores de TSR

| Mezcla | Esfuerzo máximo en seco, kPa | Esfuerzo máximo en húmedo, kPa | Relación de tensión indirecta, % TSR |
|--------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| Producción 1 | 1220 | 960 | 78,7 |
| Producción 2 | 980 | 790 | 80,6 |
| Producción 3 | 650 | 580 | 89,2 |
| Diseño | 1150 | 950 | 82,6 |

En la Tabla 1 se muestra un caso hipotético de la evaluación de TSR, los valores de la fila de *Diseño* representan a la mezcla de control obtenida en laboratorio y sobre la que se realizará el comparativo de las producciones, es decir, se requerirá obtener un valor similar a 82,6% o superior a 80%. En la *Producción 1* podemos ver como no se logra cumplir con el porcentaje mínimo, pero al revisar los esfuerzos observamos que son altos, incluso en mayor magnitud que los de control.

En la *Producción 2* los resultados son muy cercanos al *Diseño*, lo que reflejaría un adecuado apego a las recomendaciones del análisis en laboratorio, mientras que la *Producción 3* muestra un % de TSR mucho mayor que el esperado, dando pie a pensar que la mezcla es de mejor calidad que la de referencia, sin embargo, es fácil notar que los esfuerzos máximos registrados son menores a los de *Diseño*. Las probables causas del bajo nivel de esfuerzos soportados pueden ser varias, siendo el nivel de densificación la que mayor efecto podría tener.

Mezclas asfálticas en estudio

Las mezclas asfálticas evaluadas en este estudio incluyen producción en caliente (HMA) y producción en frío (CMA) empleando diversas combinaciones granulométricas, dentro de la clasificación *densas finas* y *gruesas* de acuerdo con el manual de diseño Superpave SP-2.^[4] Los asfaltos empleados en la elaboración de las mezclas correspondieron a ligantes modificados con polímero, en correspondencia con los grados de desempeño PG 70-22, PG 70-28, PG 76-22 y asfalto de alto módulo (HMR). Por otro lado, las emulsiones utilizadas en las mezclas en frío fueron catiónicas de rompimiento lento con residuo asfáltico de 60% y penetración máxima de 90 dm (ECL 60-90).

El análisis considera un total de 66 mezclas de las cuales 48 de ellas fueron elaboradas en caliente y 18 en frío y se dividen como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de las mezclas asfálticas evaluadas

| Asfalto / Emulsión | Capa | Núm. de muestras | Sistema de producción |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------------------|
| PG 70-22 | Densa | 2 | HMA |
| PG 70-28 | Rodadura (CASAA) | 6 | |
| PG 76-22 | Densa | 20 | |
| PG 76-22 | Rodadura (CASAA) | 6 | |
| PG 76-22 | Rodadura (SMA0*) | 6 | |
| PG 76-22 | Rodadura (SMA5**) | 2 | |
| HMR | Densa | 6 | |
| ECL 60-90 | Densa | 18 | CMA |

* SMA0 = Mezclas de SMA con polvo de trituración como filler

** SMA5 = Mezclas SMA con 5% de cal hidratada como filler

Desarrollo experimental y resultados

Prueba modificada de Lottman

La evaluación de las mezclas en caliente se realizó a través de la prueba modificada de Lottman (AASHTO T283). El ensaye consiste en la evaluación de dos grupos de tres especímenes. Un grupo es saturado con agua empleando una bomba de succión, entre 55-80% de su volumen de vacíos de aire y es colocado en un congelador (-18 °C) por 16-18 h. Los especímenes congelados son entonces colocados en un baño maría por 24 h a 60 °C. Después de este ciclo las muestras son llevadas a una temperatura de 25 °C y finalizado el acondicionamiento son ensayados a tensión indirecta.

Por otro lado, el grupo adicional es considerado el grupo de control y es sometido al mismo ensaye de tensión indirecta, con la excepción de que estos especímenes no reciben el acondicionamiento del primer grupo, y sólo son colocados en un baño de agua (cubiertos por una membrana impermeable) para alcanzar la temperatura de 25 °C previo al ensaye. La velocidad de carga es a una razón de 2 pulgadas (5 centímetros) por minuto.^[2,5]

El esfuerzo de tensión se determina bajo la siguiente fórmula:

$$St = \frac{2P}{\pi tD} \quad (1)$$

Donde:

St = Esfuerzo de tensión (psi)

P = Carga máxima (lb)

t = Espesor del espécimen (plg.)

D = Diámetro del espécimen (plg.)

La relación de tensión indirecta está definida por el esfuerzo promedio de los especímenes acondicionados divididos por el esfuerzo promedio de los especímenes sin acondicionar, calculado como:

$$TSR = \frac{S1}{S2} \quad (2)$$

Donde:

TSR = Relación de tensión indirecta

S1 = Esfuerzo promedio de los especímenes acondicionados

S2 = Esfuerzo promedio de los especímenes sin acondicionar

Evaluación de las mezclas en frío

Por otro lado, la mezcla en frío (CMA, por sus siglas en inglés) se define como el material de construcción de carreteras que ha sido tratado con un ligante asfáltico y que es trabajable a temperatura ambiente, con la capacidad para ser colocado, nivelado y compactado sin la adición de calor.^[6]

El procedimiento para la determinación de los esfuerzos de tensión en las mezclas en frío consistió en los siguientes pasos:

- Selección de la estructura granulométrica de tipo densa fina (pasa la malla núm. 4 > 50%).
- Determinación del contenido óptimo de agua y emulsión basado en pre-diseños para lograr cubrimiento y cohesión en la mezcla.
- Preparación de las mezclas de diseño.
- Fraguado de la mezcla en horno hasta alcanzar la pérdida del 60% de la humedad total inicial.
- Compactación y elaboración de los especímenes de prueba en compactador giratorio a 40 giros.
- Curado de las mezclas por 72 h (3 días) en horno de tiro forzado a 60 °C.
- Obtención de la volumetría de las muestras.
- Acondicionamiento de los especímenes mediante bomba de vacío a un grado de saturación del 55% de su volumen de aire e inmersión en agua a 25 °C por 24 h.
- Ensaye a tensión indirecta de los especímenes húmedos y secos a 25 °C.

Tipos de mezcla asfáltica

Las capas asfálticas producidas en caliente y en frío fueron divididas en dos categorías de acuerdo a su función: capa de rodadura y capa estructural (densa).^[7]

Resultados del ensaye de tensión indirecta

En las figuras 1-4 se muestran los resultados de los esfuerzos de tensión y de relación de tensión indirecta de mezclas elaboradas en laboratorio y que corresponden principalmente a capas densas estructurales del tipo gruesas. Bajo esta clasificación se incorporó la evaluación de pavimentos de larga duración, consistente en capas absorbedoras de tensión (CAT) y capas de alto módulo (CAM). Así también se incluyen

3^A. REUNIÓN ACADÉMICO ESTUDIANTIL AMAAC

★ PAVIMENTOS ASFÁLTICOS ★



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA

★ 8 y 9 DE SEPTIEMBRE DE 2016 ★

★ MEXICALI ★



INVITACIÓN:

La **Asociación Mexicana del Asfalto, A.C. (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 3^a. 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.

CUOTA DE RECUPERACIÓN: \$ 700.00 M.N.

amaac.org.mx

+ 52 (55) 5606 7962

tecnico4@amaac.org.mx



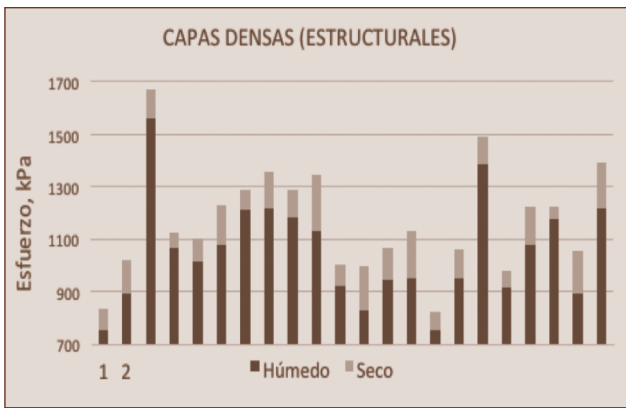


Figura 1. Resultados de tensión indirecta. Capas estructurales.

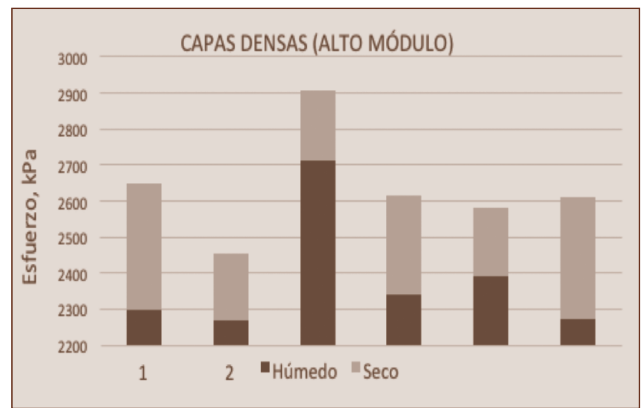


Figura 2. Resultados de tensión indirecta. Capa de alto módulo.

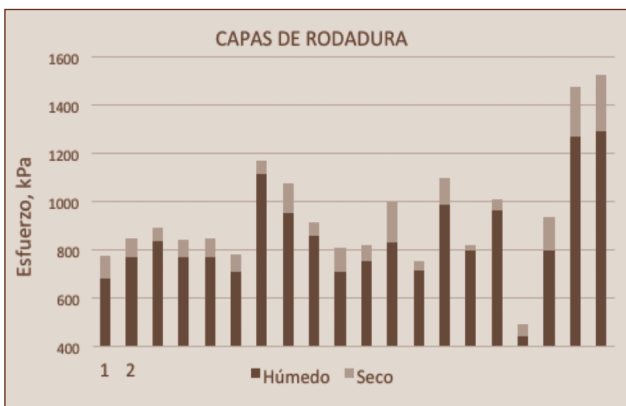


Figura 3. Resultados de tensión indirecta. Capas de rodadura.

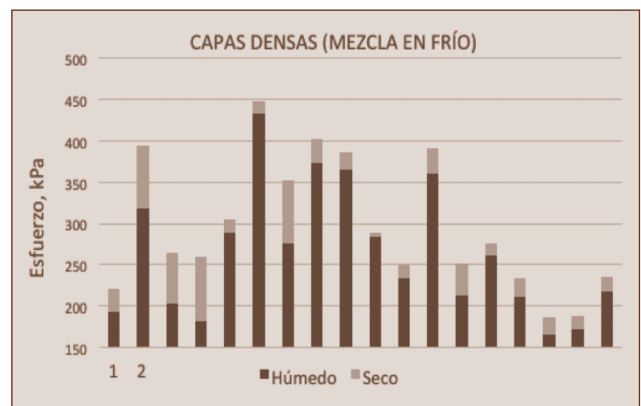


Figura 4. Resultados de tensión indirecta. ECL 60-90.

datos de mezclas de granulometría discontinua utilizadas como capa de rodadura del tipo CASAA (Carpeta Asfáltica Superficial Altamente Adherida) y del tipo SMA (Stone Matrix Asphalt).

Las mezclas en frío corresponden a mezclas de granulometría densas finas con emulsión catiónica de rompimiento lento.

La Tabla 3 concentra un resumen de los valores numéricos de los esfuerzos medidos en las distintas clasificaciones de mezcla/capa.



Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

¿Conoces de asfalto?

Participa con algún artículo técnico para la revista

ASFÁLTICA
REVISTA TÉCNICA

dirgral@amaac.org.mx

| Tabla 3. Resumen de resultados de tensión indirecta | | | | |
|---|------------------|---|---|--------|
| Asfalto / Emulsión | Capa | Rango de esfuerzos en seco, kPa (mínima-máxima) | Rango de esfuerzos en húmedo, kPa (mínimo-máximo) | Figura |
| PG 70-22 | Densa | 836 – 1021 | 755 – 895 | 1 |
| PG 76-22 | Densa | 821 – 1673 | 751 – 1563 | 1 |
| HMR | Densa | 2454 – 2907 | 2269 – 2711 | 2 |
| PG 70-28 | Rodadura (CASAA) | 773 – 894 | 681 – 836 | 3 |
| PG 76-22 | Rodadura (CASAA) | 810 – 1171 | 706 – 1117 | 3 |
| PG 76-22 | Rodadura (SMA0) | 491 – 1097 | 442 – 986 | 3 |
| PG 76-22 | Rodadura (SMA5) | 1475 – 1525 | 1272 – 1292 | 3 |
| ECL 60-90 | Densa | 186 – 448 | 164 – 433 | 4 |

La Figura 5 permite visualizar la diferencia de magnitudes presentadas en las mezclas en función del tipo de capa diseñada, independientemente del ligante asfáltico empleado para su fabricación. En el bloque de mezclas densas se encuentran incorporados los resultados del sistema *en caliente* y *en frío*, por lo que el rango estadístico es de mayor amplitud. En la Figura 6 se encuentran distribuidos los valores de acuerdo al grado PG del asfalto utilizado y de la emulsión en la mezcla en frío. En esta condición es el asfalto con grado PG 76-22 quien cuenta con un mayor número de datos considerados para diferentes capas.

Es en la Figura 7 donde se revela con una clasificación más precisa, como función del tipo de capa



Figura 5. Resultados de esfuerzos de tensión en función del tipo de capa, (kPa).

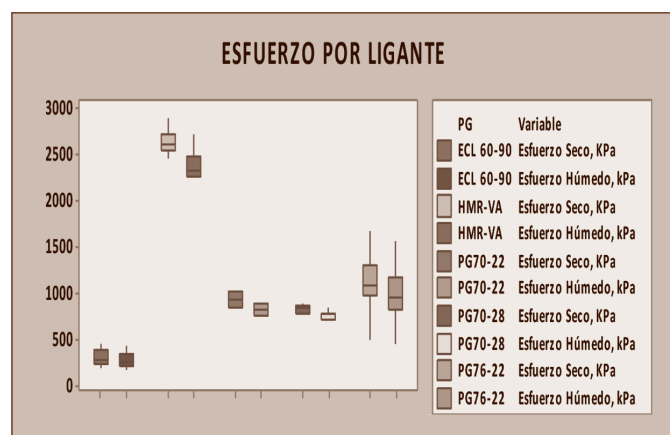


Figura 6. Resultados de esfuerzos de tensión en función del tipo de ligante.

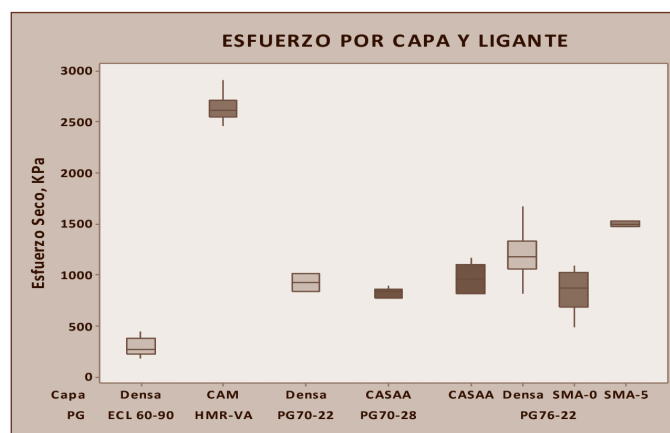


Figura 7. Resultados de esfuerzos de tensión en función del tipo de capa y ligante.

y ligante empleado, las diferencias presentadas en los especímenes de prueba y en la Tabla 4 se muestra el ranking para cada variante con relación a la magnitud de las resistencias logradas.

En la Figura 8 puede observarse que no existe una correlación directa entre el % de TSR y los esfuerzos en seco y húmedo. El porcentaje alto de TSR no implica esfuerzos de tensión más altos.

| Tabla 4. Ranking de resistencias a tensión indirecta | | | |
|--|------------------|--|---------|
| Asfalto / Emulsión | Capa | Esfuerzo de tensión control-acondicionado, kPa (Media) | Ranking |
| HMR | Densa | 2680 – 2490 | 1 |
| PG 76-22 | Rodadura (SMA5) | 1500 – 1282 | 2 |
| PG 76-22 | Densa | 1247 – 1157 | 3 |
| PG 76-22 | Rodadura (CASAA) | 991 – 912 | 4 |
| PG 70-22 | Densa | 929 – 825 | 5 |
| PG 70-28 | Rodadura (CASAA) | 834 – 759 | 6 |
| PG 76-22 | Rodadura (SMA0) | 794 – 714 | 7 |
| ECL 60-90 | Densa | 317 – 299 | 8 |



Figura 8. Gráfico 3D de esfuerzos de tensión versus % TSR.

Discusión de resultados

En las gráficas anteriores se puede visualizar cómo los esfuerzos podrían llegar a ser muy variables en función de diversos factores y contar con información relativa a las variables que intervienen en la producción de la mezcla, lo cual sería de gran utilidad para establecer un nuevo criterio de aceptación.

Capas densas

Los valores obtenidos en estas capas se fluctuaron en un rango de 929-2680 kPa. Las capas de alto módu-

lo mostraron la mayor rigidez en este ensaye debido principalmente a la naturaleza del ligante. Es probable que esta dependencia esté ligada fuertemente a la temperatura de ensaye (25 °C) en la cual el asfalto absorbe gran parte de los esfuerzos reduciendo la influencia del tipo de agregado.

Para las mezclas en caliente en general, los esfuerzos de tensión indirecta en seco se presentaron por encima de 900 kPa, con mayores valores cuando se utilizó un grado PG superior en el asfalto.

Capas de rodadura

En estas capas el rango de datos se amplía significativamente debido a que se encuentran colocados los resultados del sistema SMA con 5% de cal hidratada como filler (Figura 3). Este producto elevó sustancialmente la rigidez de la mezcla y es fácil identificar este incremento con respecto a las mezclas del mismo tipo que no lo emplearon en la Figura 7 y en la Tabla 4.

Las mezclas presentaron valores de esfuerzos de tensión indirecta en seco por encima de 700 kPa, ligeramente menores que las mezclas densas elaboradas con un tipo de asfalto igual o similar, a excepción de las mezclas SMA con 5% de cal hidratada, las cuales superaron inclusive a las mezclas densas con asfalto PG 76-22.

Mezclas en frío

Las mezclas elaboradas con emulsión y diseñadas para ser utilizadas como capa estructural bajo una granulometría densa fina, en su etapa inicial de fraguado, mostraron valores muy por debajo de los obtenidos en mezcla en caliente, siendo respuesta clara de su sistema de elaboración. En ellas las resistencias alcanzan aproximadamente sólo una tercera parte del valor promedio de las mezclas densas en caliente.

Para este tipo de mezclas se requiere un análisis mucho más exhaustivo para estandarizar el procedimiento de diseño y evaluar su desempeño desde una perspectiva homologada. De esta forma se contaría con mayor información de la resistencia factible de alcanzar en las diversas etapas del fraguado del sistema.


En este sentido, el presente estudio reúne los datos de mezclas fabricadas con un tipo específico de emulsión a una edad temprana de fraguado (3 días) para exponer un antecedente de las diferencias entre sistemas de producción.

Conclusiones

Con los datos obtenidos pudo determinarse que:

- Para evitar una clasificación errónea acerca de la calidad de la mezcla producida en obra desde la etapa de diseño en laboratorio, será importante la colocación de un parámetro adicional de evaluación en la prueba de tensión indirecta, establecida en términos de esfuerzos presentados en las mezclas.
- El estudio mostró datos que indicaron que, en capas densas estructurales elaboradas con asfalto de grado PG 70 o superiores, un esfuerzo a tensión indirecta en seco mínimo recomendable deberá encontrarse en un rango de 800 kPa.
- En las capas de rodadura elaboradas con asfalto de grado PG 70 o superiores, un esfuerzo a tensión indirecta en seco mínimo recomendable deberá encontrarse en un rango de 700 kPa.
- En las capas densas elaboradas con asfalto de alto módulo, un esfuerzo a tensión indirecta en seco mínimo recomendable deberá encontrarse en un rango de 2,500 kPa.
- En las mezclas en frío lo recomendable será establecer parámetros iniciales de resistencia (a edad temprana) y monitorear la evaluación de la resistencia, para evidenciar y asegurar la implementación de un valor confiable de aceptación.
- Estos valores de esfuerzos de referencia de la propuesta deberán ser analizados de manera adicional al cumplimiento con el porcentaje de TSR mínimo de 80%. La unión de ambos parámetros permitirá observar un comportamiento más completo de las mezclas diseñadas y producidas en obra.
- Los esfuerzos de tensión resistidos por las mezclas se encontraron influenciados principalmente por el tipo de capa diseñada, el tipo de asfalto empleado y el sistema de elaboración de la mezcla, lo que deberá ser considerado durante la especificación de los criterios.
- Las mezclas producidas con asfalto de alto módulo presentaron los valores más altos de resistencia, seguidas por las mezclas densas y las capas de roda-

dura, lo que ya demarca una definición inicial de las magnitudes de las resistencias requeridas a proponer.

- Las futuras investigaciones considerarán el análisis de datos de campo para identificar la correlación existente con los datos de laboratorio. Así también, la valoración del efecto de los contenidos de cal hidratada utilizada como filler para lograr mezclas con condiciones apropiadas de manejo, flexibilidad y resistencia. 

¿Quieres profundizar?

- Elizabeth Rae Hunter and Khaled Ksaibati. Department Civil and Architectural Engineering. Evaluating moisture susceptibility of asphalt mixes. 2002.
- Standard Specifications American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO). Washington D.C.
- Anerson, D. and E. Dukatz (1982). The Effect of Antistrip Additives on the Properties of Asphalt Cement. Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 51.
- The Asphalt Institute, Superpave Mix Design (SP-2), Third edition, Revised. Lexington, Kentucky. 2001.
- National Research Council (Strategic Highway Research Program). The Superpave Mix Design System Manual of Specifications, Test Methods, and Practices, Report No. SHRP-A-379. Washington, D.C.1994.
- Kim Jonathan Jenkins B.Sc. Mix Design considerations for cold and half-warm bituminous mixes with emphasis on foamed bitumen. University of Stellenbosch. 2000.
- National Asphalt Pavement Association. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. HMA Pavement Mix Type Selection Guide. Information. Series 128.

**Encuéntranos en redes sociales
con las actividades que tenemos para ti!**



@AMAACmx

Determinación del valor de sorción de azul de metileno para fillers mediante espectrofotometría visible

Álvaro David Muñoz Chávez,
Rey Omar Adame Hernández,
Daniela Alcántara Carreón,
Fulgencio Noh Pat,
Israel Sandoval Navarro,
Ignacio Cremades Ibáñez
Lasfalto, Guadalajara, México,
alvaro.munos@lasfalto.com.mx

Introducción

Actualmente en México el uso de materiales que cumplan con los parámetros y especificaciones requeridas en la fabricación de mezclas asfálticas ha ido tomando mayor importancia. El uso de equipos y técnicas que evalúen de una manera más eficiente y precisa los materiales de construcción de carreteras ha sido el objetivo de los profesionales, organismos gubernamentales y de las empresas constructoras dedicadas a este rubro. En cuanto al uso específico y calidad de los agregados pétreos como principales componentes existe actualmente la norma de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), además de las recomendaciones del protocolo AMAAC (Asociación Mexicana del Asfalto), sin embargo, el material que pasa la malla núm. 200 conocido como polvo mineral (filler), presenta métodos de prueba inconsistentes y susceptibles a confusiones y errores que podrían ser trascendentales en el que un material apruebe o no el parámetro de azul de metileno requerido por la SCT y la AMAAC o más grave aún, que su desempeño en campo no sea el adecuado. El polvo mineral aporta a la mezcla asfáltica propiedades como: viscosidad, impermeabilidad, flexibilidad y resistencia (propiedades adquiridas en conjunto con el asfalto, mástico). Dentro de la metodología de diseño de mezclas asfálticas en México, el material que pasa la malla número 200 (0,075 mm) puede llegar a ocupar desde un 2 hasta un 12% en peso de la mezcla, es por eso que el contar con filler de buena calidad que aporte características benéficas en el desempeño es trascendental. Gracias a estudios se ha determinado que altos valores de azul de metileno para un tipo de agregado a usarse en una mezcla asfáltica resultan en una mezcla con alta susceptibilidad al efecto del agua, además mezclas con altas deformaciones y bajas energías de fractura.

Actualmente, uno de los métodos más utilizados en la industria para caracterizar el polvo mineral es la prueba de azul de metileno (AM) la cual se utiliza para estimar el grado de reactividad en presencia de agua del filler, esta prueba se basa en cuantificar la capacidad de sorción del filler midiendo la cantidad de azul de metileno necesario para cubrir su superficie total (interna y externa). Químicamente, el azul de metileno, identificado con la fórmula empírica $C_{16}H_{18}N_3SCl$, es un polvo que al mezclarse con agua se comporta como un colorante catiónico, por lo tanto, esta técnica de azul de metileno está basada en dos principios fundamentales:

- El fenómeno de intercambio iónico entre los cationes intercambiables de los fillers y los cationes del AM dispersos en el medio acuoso.
- La adsorción y absorción física de las moléculas de AM en la superficie externa e interna del filler.

La capacidad de sorción está definida por la naturaleza de la matriz rocosa del agregado del cual proviene el filler, aunque dicha capacidad aumenta en función de la superficie específica y de la carga eléctrica superficial del material. Entonces, la prueba de azul de metileno se relaciona con la capacidad del filler de sorber agua y aumentar su volumen.

Basados en este principio se han desarrollado distintas técnicas de prueba usando AM, siendo la más utilizada por su simplicidad, la prueba con papel filtro. En México, esta técnica está establecida por la Recomendación AMAAC RA-05/2010, basada en la norma M-MMP-4-04-014/09 de la SCT. Dicha técnica consiste en disolver AM en agua destilada con concentración conocida y colocar dicha solución en una bureta; así mismo se pesa una masa conocida de filler, se agita y se suspende en agua en un vaso de precipitados. Se adiciona la solución de AM gota por gota, posteriormente, después de cada gota se remueve una gota de la suspensión y se coloca en el papel filtro. La prueba continúa hasta la formación de un halo color azul claro alrededor de la gota, reportando como miligramos de AM por cada gramo de filler. Este método indica una evaluación semicuantitativa de la reactividad de los fillers; así como indicaciones cualitativas del tipo de mineral contenido en dichos fillers. Sin embargo, esta metodología muestra resultados subjetivos, poco precisos y con una alta incertidumbre, ya que la determinación del

punto final depende del criterio del analista, por lo que podría resultar difícil el llegar a un acuerdo en valores cercanos a los límites especificados y por lo tanto podría resultar trascendental en el que un polvo mineral apruebe o no.

Debido a la alta subjetividad que presenta la prueba de azul de metileno, en este trabajo se propone una metodología alternativa para determinar la capacidad de sorción de AM para fillers mediante espectrofotometría visible, mediante el cual se pretende demostrar la objetividad, repetibilidad y reproducibilidad de dicho método, y de esta forma colaborar para el control de calidad y construcción de los pavimentos flexibles.

Objetivo

Proponer una metodología alternativa para determinar la capacidad de sorción de AM para fillers mediante espectrofotometría visible y demostrar su repetibilidad, reproducibilidad y precisión.

Metodología

En esta investigación se usaron diferentes fillers representativos de Jalisco y otras zonas de la República Mexicana. El ensayo clásico se realizó bajo la especificación de la recomendación AMAAC RA05/2010 basada en la norma M-MMP-4-04-014/09 de la SCT, mientras que el ensayo de espectrofotometría visible se realizó mediante una metodología propuesta en el laboratorio de la empresa LASFALTO, cabe mencionar que la técnica no se aplica en ningún otro país para la determinación del valor de azul de metileno. La serie de pruebas se esquematizan en la Tabla 1.

Tabla 1. Polvos minerales analizados para el método tradicional y método propuesto

| Filler | Ubicación | Metodología | |
|------------------|----------------------|--|---|
| Banco CU | Ciudad de México, DF | | |
| Banco Chapala | Chapala, Jalisco | | |
| Banco San Martín | Guadalajara, Jalisco | mg AM / filler método Espectrofotometría visible | mg AM / filler método clásico M-MMP-4-04-014/09 |
| Banco Cerritos | Guadalajara, Jalisco | | |



882:66:63

872:9873:72

74:663:62

09:982:73

882:66:63

872:9873:72

IMAGÍNESE LO QUE ESTÁ POR VENIR.

Inscríbese hoy y obtenga una máxima perspectiva de hacia dónde se dirige el asfalto.

Imagine aprender las últimas innovaciones en el asfalto de mezcla en caliente. Imagine las nuevas técnicas para hacer carreteras más lisas. Imagine ver lo que está por venir de más de **2500 expositores** distribuidos en más de **2.500.000 pies cuadrados**.

La imaginación se convierte en realidad en Las Vegas del 7 al 11 de marzo de 2017; y, si hace su reservación hoy mismo, puede asegurar su sitio en este gran evento... ¡y ahorrar!

Obtenga la tarifa especial de \$149 (y ahorre hasta \$100) al inscribirse con anticipación en www.conexpoconagg.com.



**SI ES NUEVO,
ESTÁ AQUÍ.**

Del 7 al 11 de marzo de 2017 | Las Vegas Convention Center | Las Vegas, EE. UU.



Para el procedimiento bajo espectrofotometría visible, inicialmente se preparó una solución estándar con 100 mg/l de azul de metileno grado reactivo (82,8% base húmeda), después se realizaron diluciones hasta obtener un rango de concentraciones cuya absorbancia a 664 nm fuese mayor a 0,1 y menor a 1 además el estudio se realizó en un espectrofotómetro Marca Nanbei modelo 722.

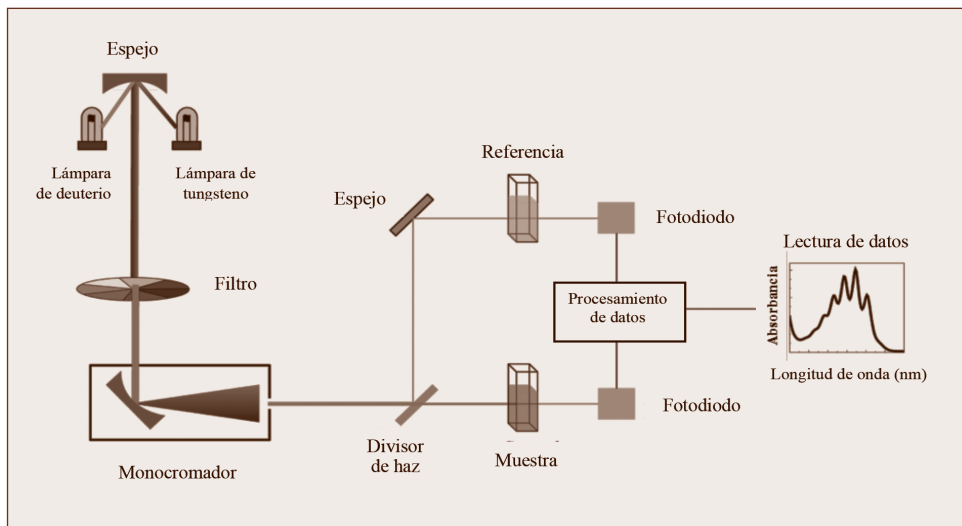


Figura 1. Esquema de un espectrofotómetro visible.

A continuación, en la Figura 2 se esquematiza la recta de calibración realizada con las concentraciones adoptadas (0.5, 1, 2, 3, 4 y 5 $\mu\text{g/ml}$), para esto se obtuvo un coeficiente de determinación de 0,992. Además, todas las soluciones se almacenaron dentro de contenedores de polietileno como lo sugieren Bergmann y O’Konski (1963), con el objetivo de evitar adsorción de colorante en el vidrio.

En este trabajo se estudiaron diferentes fillers de 4 diferentes bancos de materiales: banco “CU”, banco “Chapala”, banco “Cerritos” y banco “san Martín de la Flores”, para los cuales se anexan a continuación imágenes obtenidas a través de microscopía electrónica de barrido y su ubicación geográfica de los bancos de materiales.

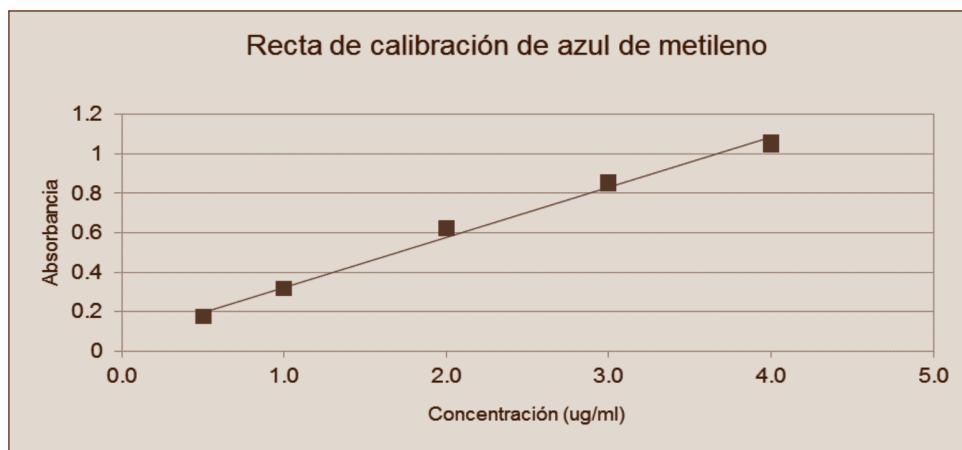


Figura 2. Recta de calibración de azul de metileno.

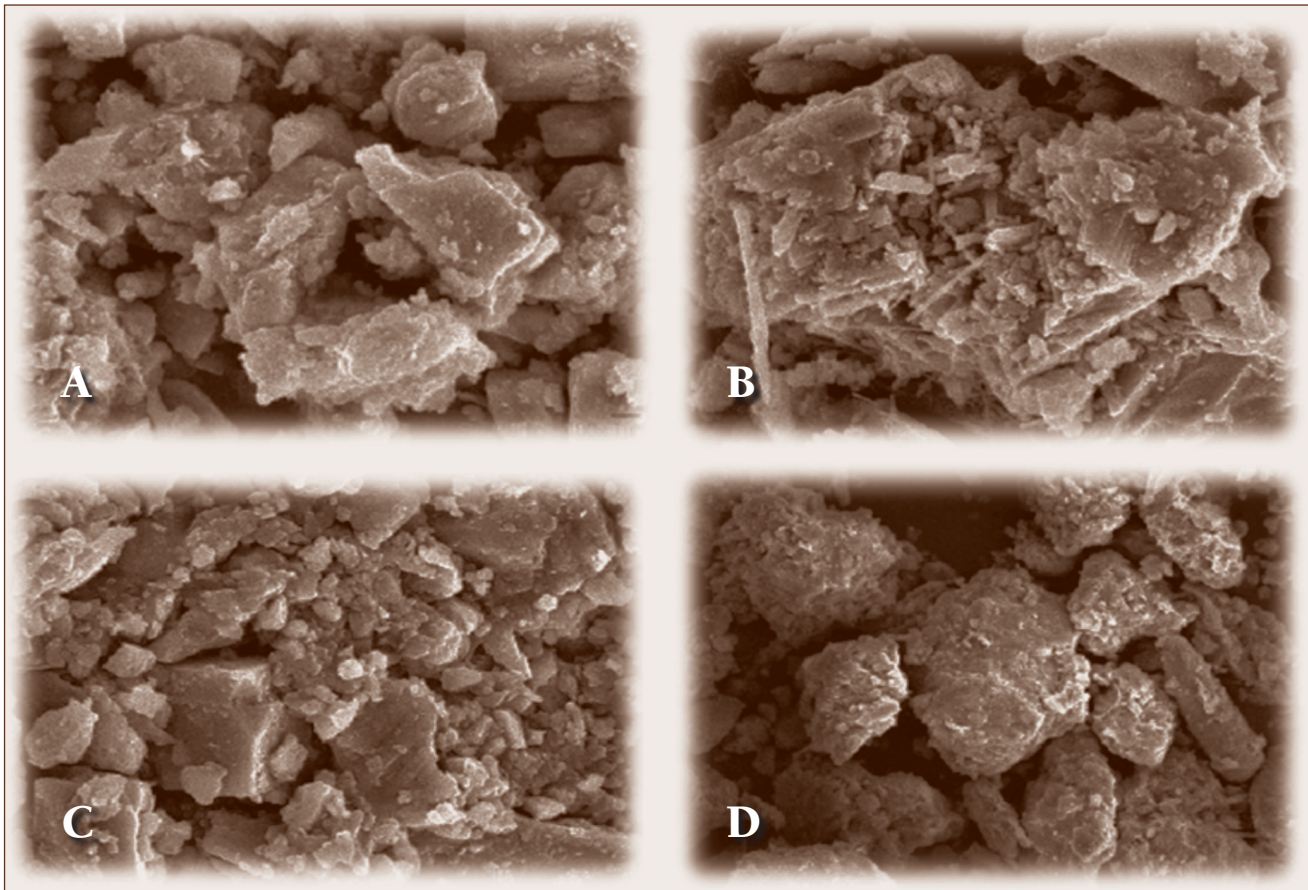


Figura 3. Morfología por microscopía electrónica de barrido y su distribución de tamaño de partícula, expresado en percentil 50 (Sandoval et al, 2011).

- A. mineralogía: basalto (extraído del banco Chapala) con un tamaño de partícula en Percentil 50 de 17,88 μm .
- B. mineralogía: Mixto (extraído del banco de San Martín de las Flores, Guadalajara), con un tamaño de partícula de 29,00 μm .
- C. mineralogía: Tezontle (extraído de, banco Cerritos, Guadalajara), con un tamaño de partícula en Percentil 50 de 47 μm .
- D. mineralogía: Arcilla (banco CU, DF) con un tamaño de partícula en percentil 50 de 40,22 μm .

Para el desarrollo de la metodología propuesta se tomó como base la investigación de Gürses *et al.*, en 2005 quien estableció un método para determinar la capacidad de sorción del azul de metileno de una arcilla, mediante las cinéticas de adsorción de azul de metileno en presencia de este. Se determinó que el equilibrio de sorción se alcanza aproximadamente a los 60 minutos después de agregar el filler en una solución de AM a una concentración inicial de 100 mg/l. Es así, que mediante esta información se establecieron las condiciones de prueba y se tuvo un proceso del método desarrollado de la siguiente manera: se prepara 1 l de solución de AM a una concentración de 100 mg/l el cual se almacena dentro de un envase de po-

lipropileno, se toman 100 ml de solución y se vierten en un vaso de precipitados, después se procede a la agitación de la solución a una velocidad de entre 400 y 500 rpm. Inmediatamente se añaden 0,1 g de filler y se empieza a contabilizar el tiempo de sorción. Se toman 300 μl de muestra de la suspensión cada 15 minutos en un tubo y se adicionan 10 ml de agua destilada. Se centrifuga durante 4 minutos a 4000 rpm para separar el filler. Se lee la muestra en un espectrofotómetro visible a una longitud de onda de 664 nm. Todas las muestras tomadas se realizaron por triplicado. La mayor absorbancia del azul de metileno en forma monomérica se alcanza a una longitud de onda de 664 nm (Bergmann y O'Konski, 1963).

En lo que respecta a la repetibilidad y reproducibilidad una vez que se establecieron las condiciones y procedimiento de la prueba se procedió a validar el método. Para este objetivo se realizó la prueba de azul de metileno con el método propuesto en este trabajo con el que se analizaron los 4 fillers disponibles en las que además se tuvo la participación de dos técnicos laboratoristas con el objeto de tener un análisis y comparación de resultados más completo.

Se realizó un análisis de los resultados de cada analista y se determinó la desviación estándar de dichas mediciones, así mismo se compararon los resultados entre ambos analistas.

Resultados

Para el estudio entre los resultados obtenidos para cada tipo de filler se comparó la prueba de azul de metileno con el uso de papel filtro (método convencional), contra la de espectrofotometría visible (método propuesto), con el objeto de detectar posibles diferencias entre ambos métodos, además de comprobar la repetibilidad y reproducibilidad del método por espectrofotometría.

En la Figura 4 se observa que la sorción del azul de metileno para filler de naturaleza arcillosa alcanza el equilibrio a los 60 minutos, mientras que para filler no arcillosos se alcanza su equilibrio en apenas 30 minutos, tiempo en el que inmediatamente después se puede llevar a cabo la lectura de espectrofotometría. Sin embargo, podremos definir como un tiempo máximo de saturación de filler de 60 minutos, tiempo para el cual las arcillas ya han sido saturadas (caso más extremo), además de que el uso de arcillas en la industria del asfalto y la pavimentación es limitado.

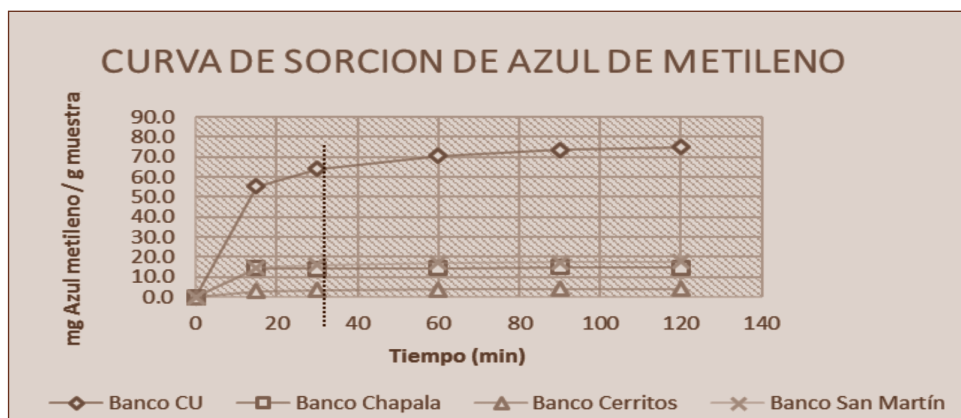


Figura 4. Absorción de AM con respecto al tiempo: A) Banco CU, B) Banco San Martín, C) Banco Chapala y D) Banco Cerritos.

Por otra parte, en la Tabla 2 se presenta un análisis entre dos laboratoristas en el ensayo clásico de azul de metileno en el que se observa que en 2 de los 4 bancos analizados se presentan diferencias entre la determinación del valor resultante del ensayo. Además, para este caso, el tener resultados por duplicado puede no ser significativo debido a la subjetividad de la prueba por lo que solo se realizó una prueba por cada azul de metileno y analista.

Tabla 2. Comparación de resultados entre 2 analistas para la prueba de azul de metileno mediante el método clásico

| Filler | mg AM / filler método clásico analista A | mg AM / filler método clásico analista B | DER entre analistas |
|------------------|--|--|---------------------|
| Banco CU | 72 | 74 | 1,41 |
| Banco Chapala | 17 | 17 | 0,00 |
| Banco San Martín | 20 | 20 | 0,00 |
| Banco Cerritos | 4 | 2 | 1,41 |

Para el caso de la repetibilidad y reproducibilidad en el ensayo de espectrofotometría se presentaron excelentes resultados en el que se demuestra la validez del ensayo, además se muestra la poca variación entre los resultados obtenidos por laboratoristas diferentes.

Tabla 3. Comparación de resultados entre 2 analistas para la prueba de azul de metileno mediante espectrofotometría visible

| Filler | mg AM / filler analista A | DER analista A | mg AM / filler analista B | DER analista B | DER entre analistas |
|------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------|
| Banco CU | 70,42 | 0,34 | 70,67 | 1,22 | 0,76 |
| Banco Chapala | 15,07 | 2,12 | 15,10 | 1,27 | 1,43 |
| Banco San Martín | 17,88 | 1,65 | 17,67 | 0,99 | 1,30 |
| Banco Cerritos | 3,79 | 2,30 | 3,73 | 1,99 | 2,03 |

Así mismo, como se muestra en la Tabla 4, se observa una desviación relativa estándar menor al 3% tanto en las mediciones de cada analista como entre ambos analistas, demostrando que el método es repetible y reproducible.

Tabla 4. Comparación de resultados de la prueba de azul de metileno para diversos fillers obtenidos mediante el método innovador y el clásico

| Filler | mg AM / filler método innovador | mg AM / filler método clásico | Diferencia (%) |
|------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------|
| Banco CU | 70,55 | 72 | 2,06 |
| Banco Chapala | 15,09 | 17 | 12,69 |
| Banco San Martín | 17,78 | 20 | 12,52 |
| Banco Cerritos | 3,76 | 4 | 6,38 |

En el primer filler, como se observa en la Tabla 3, los resultados de ambos métodos presentan valores de azul de metileno similares. Para las demás muestras que presentan diferencia entre el método innovador, por espectrofotometría,

y el método de azul de metileno tradicional de hasta un 12% demostrando así que el método de espectrofotometría presenta menor variación y mayor exactitud que el método desarrollado con papel filtro. Una de las principales razones por las que el método innovador es mucho más exacto es porque se utiliza una solución de azul de metileno muy diluida lo cual garantiza una superficie específica extensa, la presencia de monómeros y dímeros del colorante que son sorbidos por el mismo filler el cual presenta una superficie específica extensa y poros relativamente pequeños hasta lograr su saturación externa y superficial. Por otra parte, para el método clásico se utiliza una solución con alta concentración de azul de metileno la cual promueve la aglomeración o formación de complejos entre las moléculas del colorante que son sorbidos por el filler lo que puede favorecer la formación de capas alrededor de este, incluso cuando se supera su capacidad de sorción. El método analítico innovador nos permite calcular la concentración de azul de metileno remanente en la solución después de haber transcurrido un determinado tiempo comparándose con la concentración inicial previa a la incorporación del filler, la cual se calcula por diferencia de concentraciones en miligramos de azul de metileno adsorbido por cada gramo de filler y se obtiene su capacidad de sorción. Para el método del papel filtro es necesario encontrar la formación de un halo de color azul y que este sea estable conforme transcurre el tiempo de prueba al aplicar una gota de la solución de AM en el papel filtro por lo que además su interpretación es subjetiva y depende del criterio particular del analista.

Conclusiones


La infraestructura carretera es el motor del desarrollo socio-económico de las naciones, por lo tanto, es fundamental contar con pavimentos que permitan una circulación segura, rápida, cómoda y que generen costos de operación bajos.

Necesitamos métodos más sencillos y confiables que garanticen una adecuada selección de los materiales empleados en la construcción.

Es por eso que se desarrolló un nuevo método analítico con el objetivo de determinar la sorción de azul de metileno para el polvo que pasa la malla número 200 utilizado en las mezclas asfálticas y que se

basa principalmente en la espectrofotometría visible, proceso en el que se establecieron como condiciones de prueba:

- 100 ml de solución de azul de metileno,
- 0,1 gr de filler,
- 1 hora de agitación y 4 minutos centrifugación de muestras, y
- 664 nm lectura de longitud de onda.

Este método demostró ser eficaz para determinar la reactividad de los fillers utilizados en mezclas asfálticas en presencia de agua, es por eso que se presenta como un método alternativo que ayuda a la correcta caracterización del polvo mineral y a la restricción en el uso de materiales de mala calidad. Además, resulta ser un procedimiento sencillo por lo que se presenta como una alternativa al método tradicional del papel filtro y así garantizar la medición de características de una manera más precisa. De esta forma se garantiza el uso de polvos minerales de buena calidad y de la detección de materiales inapropiados para la construcción de carreteras por lo que además se concluye que es un procedimiento y metodología validada para tales fines. 

¿Quieres profundizar?

- Turkoz M. and Tosun H. 2011. *The use of methylene blue test for predicting swell parameters of natural clay soils*. Scientific Research and Essays. Vol 6, p. 1780-1792
- Solaimanian M., Harvey J., Tahmoressi M., and Tandon V. 2003. *Test methods to predict moisture sensitivity of hot-mix asphalt pavements*. Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements - A National Seminar, p. 77-110. Transportation Research Board. San Diego, California.
- Chiappone A., Mareello S., Scavia C. and Setti M. 2004. *Clay mineral characterization through the methylene blue test: comparison with other experimental techniques and applications of the method*. Canadian Geotechnical Journal. Vol. 41, Number 6, p. 1168-1178
- Bergmann, K. and O'Konski, C. T. 1963. *A spectroscopic study of methylene blue monomer, dimer, and complexes with montmorillonite*. J. Phys. Chem. 67, 2169-2177.
- Sandoval N., Alvarez Loya., Alarcón., *Estudio del efecto del tipo de filler en las Propiedades reológicas del "mástico"*. VII séptimo Congreso Mexicano del Asfalto (2011).
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2009. M-MMP-4-04-014/09. *Azul de metileno de materiales pétreos para mezclas asfálticas*.
- A. Gürses, Ç. Dogar, M. Yalçin. 2005. *The adsorption kinetics of the cationic dye, methylene blue, onto clay*. Ataturk University. Erzurum, Turkey.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet%E2%80%93visible_spectroscopy

El simulador de vehículos pesados, HVS, el equipo para pruebas en pavimentos a escala real

Roberto Hernández,
Paul Garnica A.
Investigadores del IMT -SCT
riherman@imt.mx

Se define como ensayo acelerado de pavimentos al 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.



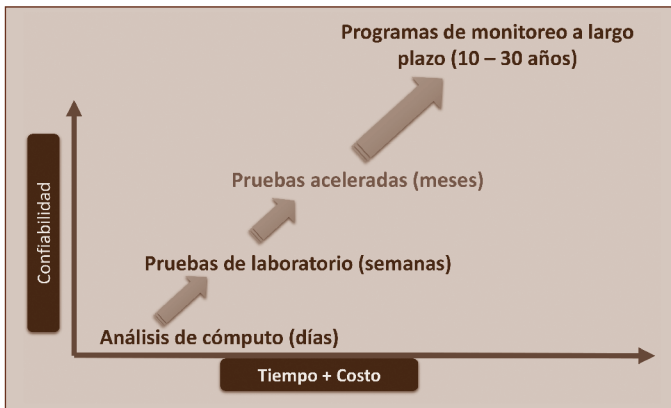


Figura 1. Relación Tiempo + Costo vs. Confianza en ensayos en pavimentos.

¿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, 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, etc.
- 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 sub-diseños 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 involucra la aplicación acelerada de cargas, como pueden ser:

- Pavimentos aeroportuarios,
- Losas y travesaños 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 exprofeso 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 m y un peso de 48 ton, permite aplicar un rango

¡Ya es una realidad!

CIT AMAAC

Centro de Innovación Tecnológica



Principales objetivos

1. Tener programas innovadores de formación a nivel posgrado en materia de pavimentos flexibles.
2. Incrementar el número de certificaciones a laboratoristas y profesionales.
3. Fomentar el desarrollo de proyectos para la validación de productos y tecnologías en los diferentes usos del asfalto.
4. Fomentar que el asfalto continúe siendo el producto más utilizado en la construcción y conservación de carreteras en México.



Servicios

1. Certificación de procesos.
2. Asesoría técnica.
3. Validación de productos.
4. Certificación de personal.
5. Investigaciones personalizadas.
6. Validación de equipos.
7. Posgrados.

**Forma parte
de este gran proyecto**



@CIT_AMAAC



/CIT.AMAAC

www.cit-amaac.org.mx

de cargas que van desde media tonelada hasta 11 ton, 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 a 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, mediante 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 laser para conocer la evolución de la deformación de la superficie cada determinado número de ciclos (Figura 2).

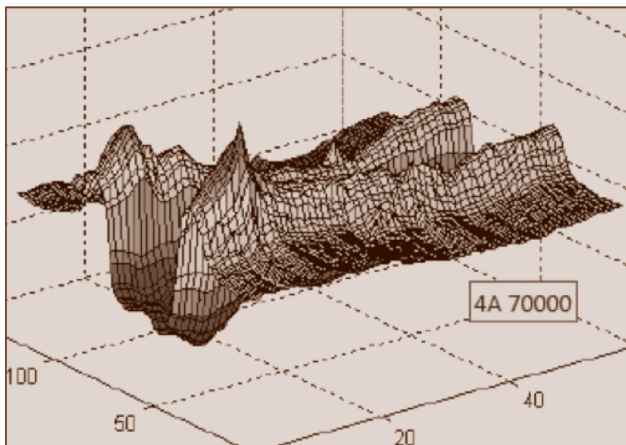


Figura 2. Gráfico en 3D de una sección de prueba con el perfilómetro laser.

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), llamados 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 cm de diámetro en la sección de ensayo. Pudiendo colocarse hasta 6 módulos en cada

perforación a cualquier profundidad, con la finalidad de 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.

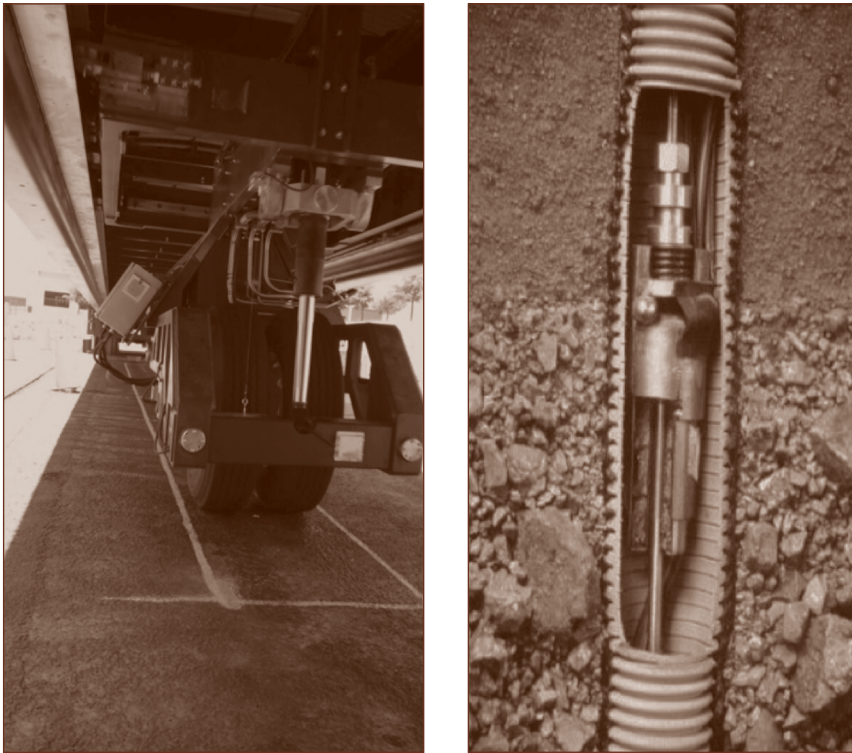


Figura 3. Sección de ensaye con el HVS (a), Esquema de un MDD (b) Red HVSIA (HVS International Alliance).

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.




Figura 4. Red HVSIA.

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. 



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

¡Afílate!

y forma parte de esta gran asociación

amaac.org.mx

Amor, paz y... asfalto

datos históricos



En 1870, un ciudadano de Bélgica, el químico Edmund J. DeSmedt, produjo el primero y verdadero pavimento asfáltico, lo que ocurrió en Newark, New Jersey, Estados Unidos. DeSmedt también pavimentó la Avenida Pensilvania en Washington, D.C., para lo cual empleó 54,000 yardas cúbicas de capas asfálticas provenientes de la Isla Trinidad.

La primera patente relacionada con la producción de asfalto fue registrada por Nathan B. Abbot, de Brooklyn, New York, en 1871.

La primera planta para fabricar asfalto fue abierta por la empresa The Cummer Company alrededor del año de 1880.

En 1876 el Presidente Grant seleccionó un grupo de ingenieros de la armada para estudiar el uso del asfalto en las carreteras. Este grupo sugirió que la Avenida Pensilvania, en Washington, D.C., fuera pavimentada con capas asfálticas provenientes del asfalto natural del Lago Trinidad. Dicho pavimento se mantuvo en excelentes condiciones durante 11 años, a pesar del tráfico en la Casa Blanca.

Las primeras instalaciones modernas para producir asfalto fueron inauguradas por la compañía Warren Brothers en Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos, en 1901.





Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Seminario Internacional del Asfalto

Nuevas Tecnologías Sustentables en los Pavimentos Asfálticos



Guadalajara, Jalisco
del 12 al 14 de octubre del 2016

| Inscripciones | A julio 29 | A septiembre 29 | En el evento |
|---------------|------------|-----------------|--------------|
| Socios | \$4,500.00 | \$5,100.00 | \$6,000.00 |
| No socios | \$5,500.00 | \$6,200.00 | \$7,000.00 |
| Estudiantes | \$1,500.00 | \$1,800.00 | \$2,000.00 |
| Acompañantes | \$3,000.00 | \$3,500.00 | \$4,000.00 |

IVA Incluido

Informes:
eventos@amaac.org.mx
+52 (55) 5606-7962

A las primeras 100
inscripciones se les
obsequiará una
guayabera **AMAAC**

amaac.org.mx
#EligeAsfalto



@AMAACmx

A la vanguardia en pavimentos que generan **VALOR**

**PRODUCTOS Y SOLUCIONES
A SUS NECESIDADES
ESPECIFICAS PARA
PAVIMENTOS**



**SOSTENIBILIDAD
DURABILIDAD
DESEMPEÑO**

ADITIVOS

SÚRFAX AS Promotores de adherencia
ADISURF Modificadores de asfalto
SÚRFAX TB Auxiliares de compactación
SÚRFAX TB2 Mezclas tibias
SÚRFAX TB3 Mezclas tibias con asfalto modificado con Elvaloy®
SÚRFAX RF Funcionalizados para reciclados para pavimentos

EMULSIFICANTES

Aniónicos, Catiónicos (Rompimiento rápido, lento y super estable)

POLÍMEROS

Elvaloy® Terpolímero elastómero reactivo (PG, Jnr y tipo I)
SURFALFLEX Polímeros líquidos (SBR) para emulsiones
SÚRFAX CATALIZADORES (Ácido polifosfórico, NHPG y Surfadit Mac)

FIBRAS

VIATOP® PREMIUM Fibra de celulosa para pavimentos SMA

www.surfax.com.mx
ventas@surfax.com.mx
(33) 3684 7304



Distribuidor Autorizado
DuPont® Elvaloy® RET

Distribuidor Autorizado
J. RETTENMAIER & SÖHNE
GMBH + CO KG



© 2015 DupontTM y Elvaloy© son marcas registradas o marcas de E.I. du Pont de Nemours and Company o sus afiliados. Todos los derechos reservados.
© 2015 J. RETTENMAIER & SÖHNE GmbH + Co KG. Todos los derechos reservados.

Evaluación de mezclas asfálticas de alto desempeño con aditivo creado a base de nanotecnología

José Eduardo García Servín,
UMSNH gasegami@hotmail.com
Horacio Delgado Alamilla
Paul Garnica Anguas
IMT hdelgado@imt.mx
IMT pgarnica@imt.mx

Introducción

La inversión en infraestructura es un elemento clave para el desarrollo y crecimiento económico de las naciones. Diversos estudios e investigaciones aportan evidencia clara de que la mayor inversión en infraestructura mejora las tasas de crecimiento económico, sobre todo a largo plazo, y ayuda a reducir la pobreza y la desigualdad.

América Latina tiene el gran reto de ampliar sus redes carreteras para aumentar su nivel de productividad, lograr la comunicación entre diferentes regiones e impulsar el desarrollo en las zonas rezagadas.

Sin embargo, ampliar la red carretera no constituye la totalidad del reto. Es necesario mantener en buenas condiciones las vialidades construidas y cuidar el patrimonio que estas representan. Es aquí donde los aditivos para mezclas asfálticas juegan un papel importante. Utilizados adecuadamente, estos productos permiten mejorar el desempeño y extender los tiempos de vida de las carpetas asfálticas.

Los aditivos a base de nanotecnología modifican la estructura química de los materiales que conforman las mezclas asfálticas, generando enlaces químicos fuertes y duraderos entre los agregados y el asfalto. De esta forma, las mezclas donde se utilizan estos productos resultan más resistentes a las degradaciones ambientales y de uso de las vialidades.

Generalidades de las mezclas asfálticas

Las mezclas asfálticas en general son una combinación de asfalto y agregados minerales pétreos en proporciones exactas que se utilizan para construir pavimentos. Las proporciones de estos minerales determinan las propiedades físicas de la mezcla y eventualmente, el rendimiento de la misma.

La mezcla asfáltica es sometida a diferentes tipos de sollicitaciones tanto mecánicas como ambientales, las cuales a corto o largo plazo generan diferentes tipos de degradaciones. Entre las degradaciones más comunes en el pavimento son: la susceptibilidad a la humedad (propiedades de adherencia agregado-ligante), la deformación permanente (propiedades del agregado pétreo y asfalto) y la fatiga (propiedades del agregado y porcentajes de vacíos de aire). Por lo cual es

de vital importancia conocer el comportamiento de la mezcla asfáltica bajo las diferentes sollicitaciones y determinar su capacidad a soportar las degradaciones antes mencionadas.^[1]

Además, hay que mencionar que existen diferentes productos que mejoran las propiedades de adherencia agregado-asfalto. Este mejoramiento puede conllevar a la modificación de otras propiedades, por lo cual es de vital importancia conocer cuál es la in-

fluencia del aditivo en las propiedades de desempeño de la mezcla asfáltica.

Caracterización del material utilizado

En este punto, se presentan los ensayos realizados a los dos materiales que conforman la mezcla asfáltica (agregado pétreo y asfalto), así como la estructura granulométrica utilizada para la mezcla asfáltica.

| Características del material grueso | | Características del material fino | |
|-------------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|
| Prueba | Resultados | Prueba | Resultados |
| Gravedad específica, Gsb | 2,71 | Gravedad específica, Gsb | 2,56 |
| Absorción, % | 1,4 | Absorción, % | 3,7 |
| Desgaste de Los Ángeles | 10% | Azul de metileno | 23 |
| Desgaste microdeval | 8% | Equivalente de arena | 63% |
| Intemperismo acelerado | 1,0% | Angularidad del agregado fino | 47% |
| Caras fracturadas | 100% | | |
| Partículas alargadas | 4% | | |
| Partículas planas | 4% | | |
| Adherencia por ebullición | 85% | | |

Caracterización del agregado pétreo

Se utilizó agregado pétreo de tipo basáltico. El material fue caracterizado por medio de 11 ensayos. La Tabla 1 indica las características del material.

La Figura 1 muestra la curva granulométrica utilizada en la mezcla asfáltica, la cual fue establecida de acuerdo con el Protocolo AMAAC.^[2]

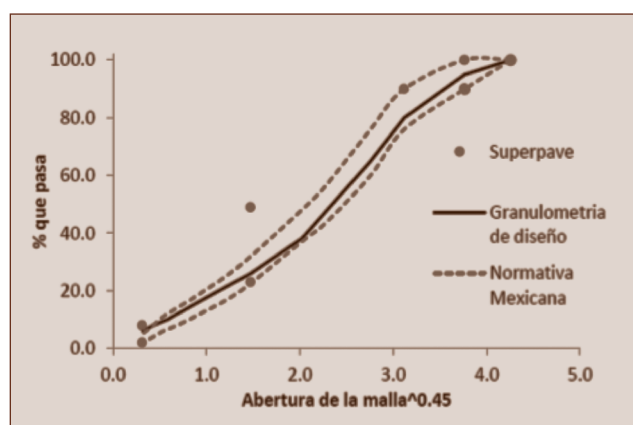


Figura 1. Curva teórica de diseño de la granulometría evaluada.

Cemento asfáltico

El cemento asfáltico de base utilizado fue un PG 64-16. Se utilizaron cinco diferentes concentraciones del aditivo (0,025 - 0,050 - 0,075 - 0,10 - 0,150% de aditivo con respecto al peso del asfalto) y los resultados fueron comparados con el asfalto de base.

Los resultados de la caracterización de los asfaltos con aditivo no sufrieron modificación en su grado PG, quedando todos en un PG 64-16.

Determinación del contenido óptimo del aditivo

El procedimiento de la determinación de la concentración óptima del aditivo se realiza mediante el ensayo de adherencia ASTM D3625-96(2005),^[3] extendido a 6 horas, para observar el desempeño del producto a diferentes concentraciones. La concentración óptima fue de 0,075%, este valor óptimo es la dosis mínima de aditivo con la cual se obtiene una adherencia agregado-asfalto entre 90 y 100% tal como se indica en la Figura 2. Se observó que la

incorporación del aditivo mejora las propiedades de adherencia agregado-asfalto, Figura 3. En la Tabla 2 se tienen los porcentajes de adherencia (entre 90-100%) obtenidos al finalizar el ensayo.



Figura 2. Resultados del ensayo de adherencia.

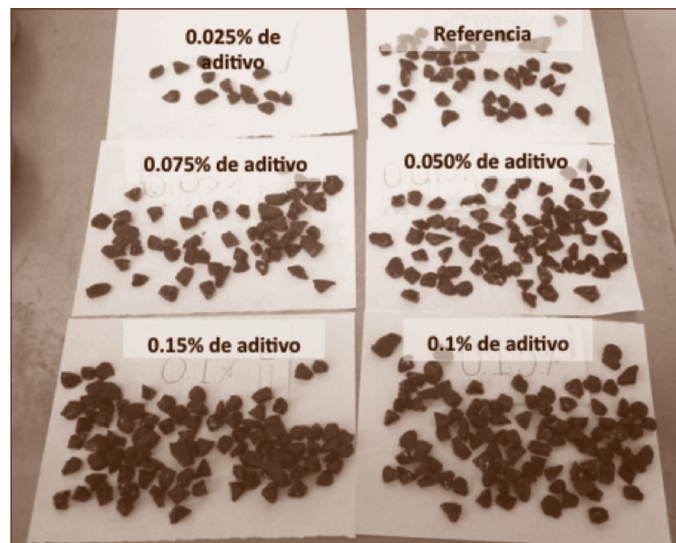


Figura 3. Partículas con adherencia entre 90 y 100% posterior al ensayo de ebullición (duración extendida).

| Tabla 2. Porcentaje de partículas con 90-100% de adherencia, posterior al ensayo de ebullición (duración extendida) | |
|---|--|
| Concentración de aditivo | Porcentaje de partículas con 90-100% de adherencia |
| Referencia (0%) | 11% |
| 0,025% | 36% |
| 0,050% | 41% |
| 0,075% | 52% |
| 0,100% | 66% |
| 0,125% | 74% |

Determinación del contenido óptimo de asfalto

El diseño volumétrico de la mezcla fue realizado de acuerdo al diseño definido en el Protocolo AMAAC.^[2] Para la mezcla de referencia se consideró un tránsito entre 3 y 30 x10⁶ ESAL's y un tamaño nominal de ¾", obteniendo un contenido óptimo de asfalto de 5,5%, con respecto a la masa de la mezcla.

Para el asfalto con 0,075% de aditivo se realizó una corrección en el contenido de asfalto óptimo de acuerdo con el documento (Determinación del contenido óptimo de asfalto en las mezclas con aditivo, Zydex).^[4] Este documento indica que se debe ajustar el contenido de asfalto hasta obtener una curva de densificación similar a la obtenida con la mezcla de referencia. La Figura 4 muestra el efecto del aditivo en la evolución de la densificación.

De acuerdo a lo observado se incrementó un 0,3% el contenido de asfalto, quedando en 5,8% para la mezcla con aditivo.

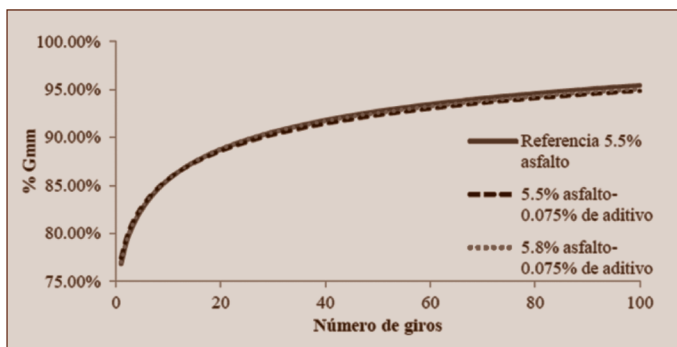


Figura 4. Evolución de la densificación de la mezcla asfáltica.

Evaluación de las propiedades de desempeño

Una vez determinada la formulación óptima de ambas mezclas asfálticas (granulometría, contenido de asfalto y concentración de aditivo), se evaluó la influencia del aditivo en cuatro diferentes propiedades: Susceptibilidad a la humedad por medio del ensayo de TSR, Susceptibilidad a la deformación permanente por medio del ensayo de rueda cargada de Hamburgo, determinación de las propiedades viscoelásticas de la mezcla en un ensayo de módulo dinámico y sus propiedades a la fatiga por medio del ensayo de

flexión en cuatro puntos. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Susceptibilidad de las mezclas asfálticas al daño inducido por humedad (RA 04/2010)

Este ensayo determina la resistencia al daño inducido por humedad, también conocido como resistencia retenida, de una mezcla asfáltica compactada. La resistencia retenida es importante para establecer si una mezcla asfáltica es susceptible a la acción de la humedad.^[5]

Por cada tipo de mezcla se fabricaron ocho especímenes a un porcentaje de vacíos del $7\pm 0,5\%$. Los cuales fueron ensayados en condición original y acondicionada. Los resultados se presentan en la Figura 5.

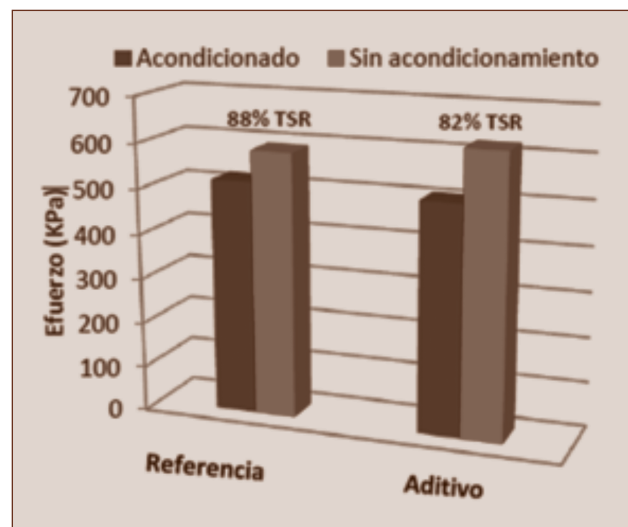
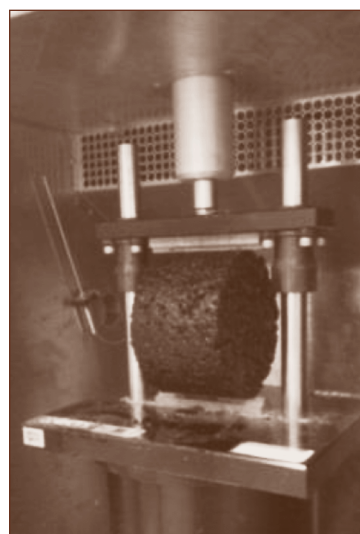


Figura 5. Resultados de ensayo de TSR.



NUESTRAS EMPRESAS TRABAJANDO EN CONJUNTO PARA CONTINUAR

CONSTRUYENDO LOS CAMINOS DE MÉXICO



EJECUCIÓN DE PROYECTOS



EMULSIONES



MEZCLAS ASFÁLTICAS



DISTRIBUCIÓN AC-20 (SOMOS DISTRIBUIDOR AUTORIZADO POR PEMEX)

Los resultados obtenidos muestran que la mezcla con aditivo conserva una buena susceptibilidad a la humedad, por lo cual se puede considerar que la introducción del aditivo no afecta las propiedades de cohesión de la mezcla asfáltica.

Susceptibilidad de la mezcla asfáltica a la deformación permanente (RA 01/2011)

La evaluación de la susceptibilidad a la deformación permanente fue realizada por medio del ensayo de rueda cargada de Hamburgo (Figura 6). Este ensayo se realiza en una muestra de 150 mm y un espesor de 60 mm, la cual es sometida a 20,000 aplicaciones de carga (pasadas) bajo una condición saturada a 50 °C de temperatura.^[6] El límite de la rodera permitida en la especificación es de 10 mm. El porcentaje de vacíos de las probetas fue $7\pm 0,5\%$. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 7.



Figura 6. Equipo de rueda cargada de Hamburgo y probetas después del ensayo.

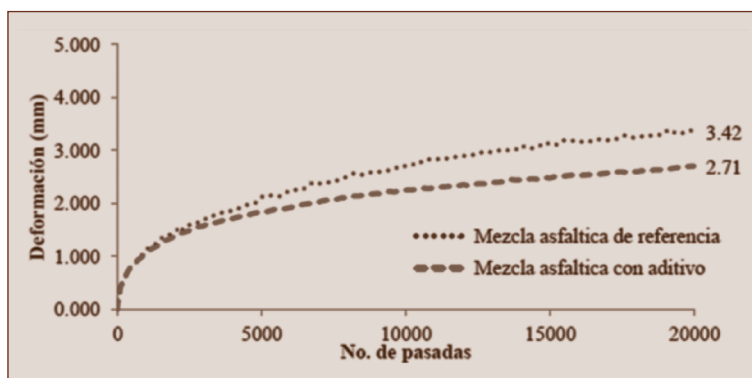


Figura 7. Evolución de la rodera en la mezcla asfáltica.

Al igual que en el ensayo de susceptibilidad a la humedad, se observó que la incorporación del aditivo no afecta la susceptibilidad de la mezcla a la deformación permanente.

Módulo dinámico de la mezcla asfáltica (AASHTO T342-11)

El módulo dinámico se determina de ensayos de laboratorio, y consiste en someter al material a sollicitaciones sinusoidales de compresión axial a diferentes frecuencias y temperaturas. Las mediciones son realizadas en el rango de pequeñas

deformaciones, para las cuales la mezcla asfáltica se comporta principalmente como un material viscoelástico lineal.^[7, 8]

Debido a la naturaleza viscoelástica de la mezcla asfáltica, el módulo dinámico depende de la frecuencia de sollicitación (Hz) y la temperatura (°C), a partir de esta combinación se obtienen diversos valores del módulo dinámico ($|E^*|$) y del ángulo de fase (ϕ),

con los cuales se caracteriza el comportamiento viscoelástico del material.

El módulo dinámico $|E^*|$, es el número complejo definido como la relación entre la amplitud compleja del esfuerzo sinusoidal de pulsación ω aplicada al material, $\sigma(t) = \sigma_0 \sin(\omega t)$ y la amplitud compleja de la deformación sinusoidal resultante.

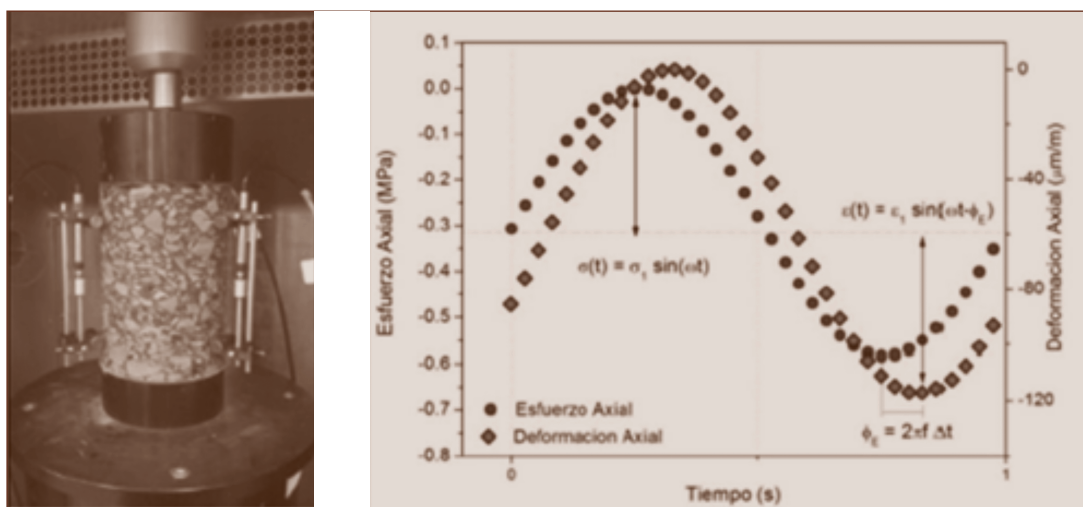


Figura 8. Ensayo de módulo dinámico.

El ensayo de módulo dinámico se realizó en modo de esfuerzo controlado. Para el presente estudio, una deformación de 100 microdeformaciones fue establecida como el límite viscoelástico lineal. El ensayo fue ejecutado a las temperaturas de -10, 0, 10, 20, 30 y 40 °C y frecuencias de 10, 5, 1, 0,5 y 0,1 Hz. La deformación se midió con tres LVDT's.

Con los resultados obtenidos del ensayo de módulo dinámico, se forman las curvas características del ensayo, las cuales permiten formar un análisis completo acerca de la mezcla evaluada.

Para el caso de este estudio el análisis se realizó por medio de la curva maestra del módulo dinámico y del ángulo de fase. La temperatura de referencia utilizada fue de 20 °C. La curva maestra fue dividida en tres zonas: frecuencias bajas (< 0,1 Hz) para el análisis de su comportamiento a la deformación permanente, frecuencias intermedias (0,1 Hz a 100 Hz) comportamiento a la fatiga y frecuencias altas (> 100 Hz) susceptibilidad a la fisuración térmica. La Figura 9 presenta la curva maestra del módulo dinámico de las dos mezclas asfálticas evaluadas.

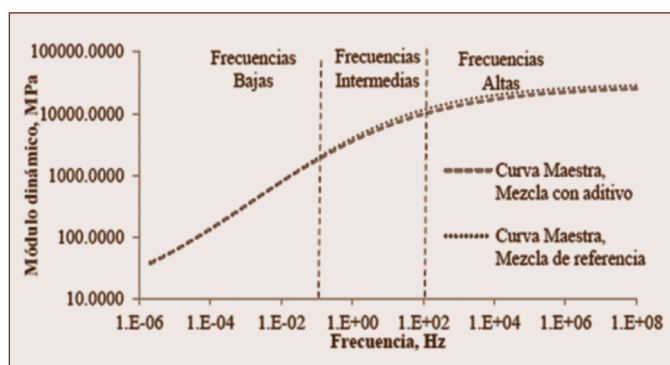


Figura 9. Curvas maestras del módulo dinámico, (temperatura de referencia: 20 °C).

En la Figura 9 se puede observar que para las frecuencias bajas (temperaturas altas) las dos mezclas tienen un comportamiento similar, lo cual confirma lo observado en el ensayo de susceptibilidad a la deformación permanente. Por otro lado, para frecuencias intermedias y altas (temperaturas intermedias y bajas), la mezcla con aditivo presenta un ligero decremento en el módulo dinámico de la mezcla.

La Figura 10 presenta las curvas maestras del ángulo de fase de las mezclas asfálticas evaluadas. De esta figura se observan comportamientos similares del ángulo de fase en todo el rango analizado. Sin embargo, para las frecuencias bajas (temperaturas altas) se observa una ligera reducción del ángulo de fase para la mezcla con aditivo, lo cual puede representarse en un aumento de la parte elástica de la misma.

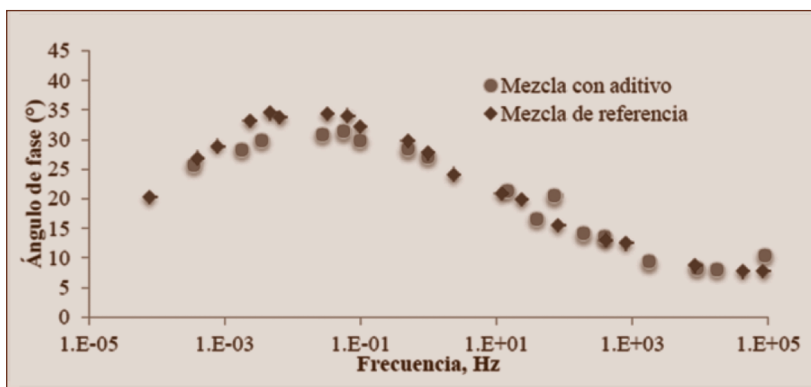


Figura 10. Curvas maestras del ángulo de fase, Tref 20 °C.

En general, ambas muestras presentan comportamientos similares en su condición viscoelástica lineal, con una ligera reducción del módulo dinámico y ángulo de fase para la mezcla asfáltica con el aditivo.

Ensayo de fatiga, viga en flexión en 4 puntos (ASTM D7460-10)

El fenómeno de fatiga de un material se caracteriza por su ruptura después de la aplicación repetida de un gran número de sollicitaciones (en la práctica $N_f > 10^4$), en donde la amplitud de la sollicitación es inferior a la carga de ruptura instantánea de la probeta.^[9, 10]

En el caso de mezclas asfálticas, éstas son sometidas a sollicitaciones de corta duración al paso de los ejes del vehículo. La fisuración por fatiga no se presenta inmediatamente, ϵ se presenta con el tiempo, debido a la repetición de cargas en la base de la carpeta asfáltica a causa de esfuerzos de tensión que se acumulan a cada paso de los neumáticos.

Mecanismo de fatiga

Durante el ensayo de fatiga, independientemente de la sollicitación impuesta, se distinguen tres fases de evolución del módulo de rigidez en función del número de ciclos.

- Fase 1: fase de adaptación, se observa una caída rápida del valor del módulo. Durante este periodo, se asocian fenómenos como el calentamiento y la tixotropía.
- Fase 2: fase de la fatiga, está definida por una línea ligeramente inclinada que traduce el establecimiento de un régimen estable y cuasi-lineal, con una lenta evolución del daño causado por la creación de micro-fisuras al interior del material.

- Fase 3: fase de ruptura, el módulo decrece brutalmente, se presentan zonas de concentración de esfuerzos y un desarrollo rápido de macro-fisuras, de igual forma.

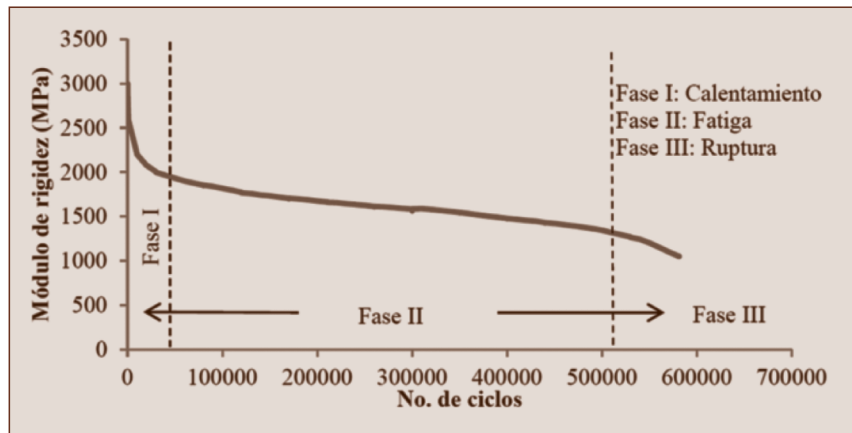


Figura 11. Distinción de las tres fases del ensayo de fatiga.

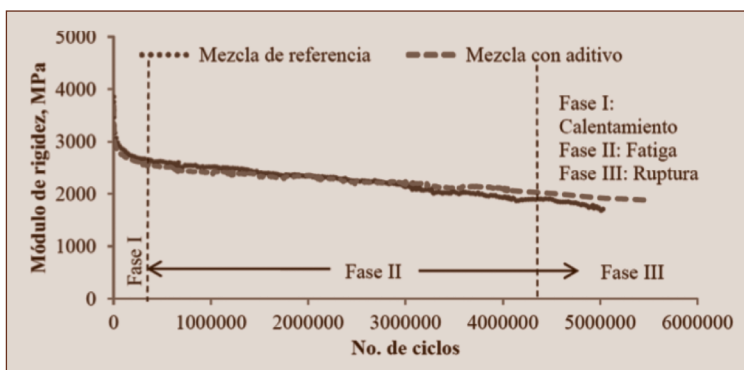


Figura 12. Evolución del módulo de rigidez en el ensayo de fatiga para las mezclas evaluadas a $300\mu\text{def}$.

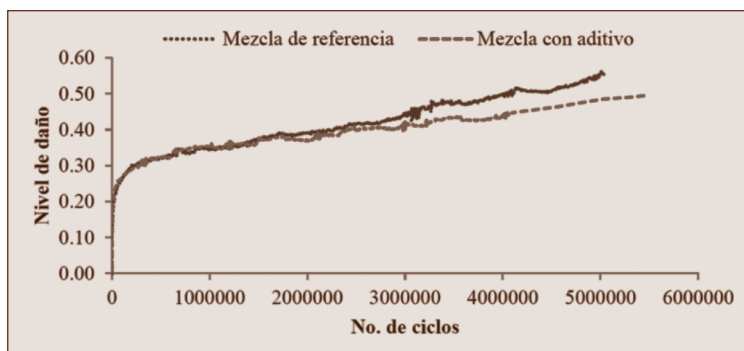


Figura 13. Evolución del nivel de daño en el ensayo de fatiga para las mezclas evaluadas a $300\mu\text{def}$.

Fatiga

Los ensayos se realizaron en el modo de deformación controlada a una temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una frecuencia de aplicación de la carga senoidal de 10Hz . El ensayo se realizó para cuatro niveles de deformación: 300 , 400 , 500 y $600\ \mu\text{def}$. Las vigas fueron compactadas a un porcentaje de vacíos de $6\pm 1\%$, con unas dimensiones de 50 mm de altura x 63 mm de ancho y 380 mm de largo.

El criterio de falla para el análisis de resultados fue el criterio clásico, reducción del 50% del valor del módulo de rigidez inicial.

La Figura 12 presenta la evolución de la norma del módulo de rigidez para una amplitud de deformación de $300\mu\text{def}$, ejemplificando las tres fases del ensayo.

La Figura 13 presenta la evolución del ángulo de fase, para una amplitud de deformación de $300\mu\text{def}$, en ambas mezclas.

Utilizando el criterio clásico como metodología para obtener el número de ciclos de carga final (N_f), a continuación en la Tabla 3 se presentan los resultados.

Tabla 3. Resultados del ensayo de fatiga en vigas de 4 puntos

| Vigas de fatiga en flexión en 4 puntos (mezcla de referencia) | | | | |
|---|-------|-----|-------------|-----------|
| Viga | Gmb | %Va | μ_{def} | Nf |
| 1 | 2,347 | 6,9 | 300 | 3,995,009 |
| 2 | 2,359 | 6,4 | 400 | 713,381 |
| 3 | 2,354 | 6,7 | 500 | 224,321 |
| 4 | 2,351 | 6,8 | 600 | 67,758 |
| Vigas de fatiga en flexión en 4 puntos (mezcla con aditivo) | | | | |
| Viga | Gmb | %Va | μ_{def} | Nf |
| 1 | 2,329 | 7,0 | 300 | 5,480,003 |
| 2 | 2,323 | 7,4 | 400 | 1,300,000 |
| 3 | 2,327 | 7,3 | 500 | 380,010 |
| 4 | 2,345 | 6,6 | 600 | 190,010 |

En la Tabla 4, se presentan los resultados de los valores de módulo de rigidez que presentaron las vigas evaluadas.

Tabla 4. Módulo de rigidez inicial del ensayo de fatiga

| Mezcla de referencia | Módulo de rigidez inicial (MPa) | Mezcla con aditivo | Módulo de rigidez inicial (MPa) |
|----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| 300 μ_{def} | 3841,91 | 300 μ_{def} | 3721,72 |
| 400 μ_{def} | 3960,43 | 400 μ_{def} | 3206,87 |
| 500 μ_{def} | 3665,84 | 500 μ_{def} | 2902,67 |
| 600 μ_{def} | 3973,48 | 600 μ_{def} | 2838,59 |

Con los resultados anteriores se crea la curva de Wöhler o también conocida como ley de fatiga,^[12] que en general nos indica la calidad que presenta la mezcla asfáltica. En la Figura 14 se observan las leyes de fatiga para los dos tipos de mezclas asfálticas (referencia y con aditivo) que se evaluaron en el ensayo; por otra parte en la Tabla 5 se observa el incremento de vida a la fatiga.

Tabla 5. Incremento de vida a la fatiga para los niveles de deformación evaluados

| μ_{def} | Incremento de vida a la fatiga |
|-------------|--------------------------------|
| 300 | 37% |
| 400 | 82% |
| 500 | 69% |
| 600 | 180% |

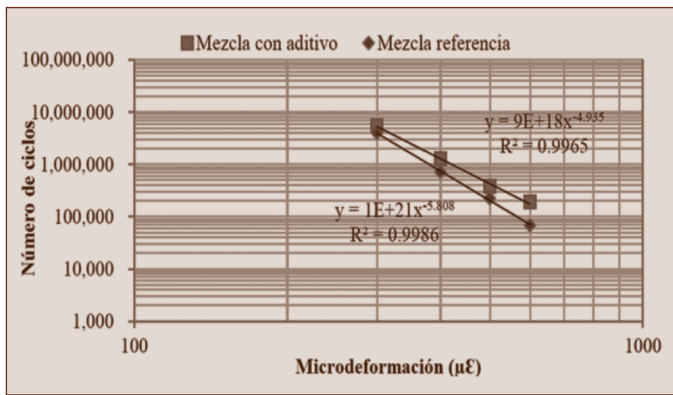


Figura 14. Curvas de Wöhler para las mezclas asfálticas analizadas.

Conclusiones

El presente estudio evaluó la influencia del aditivo en el desempeño mecánico de una mezcla asfáltica densa fabricada en caliente. La mezcla asfáltica fue diseñada de acuerdo al Protocolo AMAAC, adicionalmente se realizaron 4 ensayos; susceptibilidad a la humedad, susceptibilidad a la deformación permanente, módulo dinámico y ensayo de fatiga.

Se demostró que para el agregado pétreo utilizado el aditivo mejora la adherencia. Se observó un incremento en la adherencia agregado-asfalto con la adición de aditivo que va desde 36% para la concentración mínima (0,025%) hasta 74% para la concentración máxima (0,125%). Para la concentración óptima de aditivo (0,075%) fue de 52%.

De los dos primeros ensayos de desempeño (susceptibilidad a la humedad y a la deformación permanente) se observaron comportamientos similares, es decir que la adición del aditivo no afecta estas propiedades de desempeño.

En el ensayo de módulo complejo se observó una ligera disminución del módulo dinámico para las condiciones de diseño de un pavimento flexible (20°C y 10 Hz), por otra parte los valores de ángulo de fase son similares por lo cual no hay un efecto en las propiedades viscoelásticas del material.

El mayor beneficio de la adición del aditivo fue en las propiedades de fatiga de la mezcla asfáltica, en donde se observó un aumento en la vida útil a la fatiga en todos los niveles de sollicitación evaluados por lo que se logró un incremento del 66% para las condiciones de diseño (N6).

¿Quieres profundizar?

- [1] Garnica, P. Delgado H. Sandoval C. Análisis de varianza del efecto de algunos factores que influyen en la deformación permanente de mezclas asfálticas, Publicación Técnica No. 272, Sanfandila, Qro, 2005.
- [2] PA-MA 01/2013, "Protocolo AMAAC, diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño, Asociación Mexicana del Asfalto, 2013.
- [3] ASTM D 3625-96(2005), "Standard Practice for Effect of Water on Bituminous-Coated Aggregate Using Boiling Water", ASTM International.
- [4] Zydex Industries, Determinación del contenido óptimo del asfalto en las mezclas con ZycloTherm.
- [5] RA 04/2010, "Recomendación AMAAC, Resistencia de las mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad, Asociación Mexicana del Asfalto, 2010.
- [6] RA 01/2011, "Susceptibilidad a la humedad y a la deformación permanente por rodadura con el analizador de rueda cargada de Hamburgo (HWT), en una mezcla asfáltica compactada", Asociación Mexicana del Asfalto, 2011.
- [7] AASHTO T342-11, "Standard Method of Test for Determining Dynamic Modulus of Hot-Mix Asphalt Concrete Mixtures".
- [8] H. Delgado, L. Arnaud, Investigation of the fatigue properties of asphalt mixtures reinforced with natural fibers. 5th International conference: bituminous mixtures and pavements, Tesalónica, Grecia, Junio 2011.
- [9] ASTM D7460-10, "Standard Test Method for Determining Fatigue Failure of Compacted Asphalt Concrete Subjected to Repeated Flexural Bending", ASTM International.
- [10] Yann Lefeuvre. Contribution à l'étude du comportement en fatigue des enrobés bitumineux: Etude de l'allongement des éprouvettes comme manifestation de l'endommagement diffus, Expérimentation-Modélisation. Tesis: Escuela Nacional de Caminos y Puentes, 2001.
- [11] Perraton D., Baaj H., Di Benedetto H., Paradis M., Evaluation de la résistance à la fatigue des enrobés bitumineux fondée sur l'évolution de l'endommagement du matériau en cours d'essai : aspects fondamentaux et application à l'enrobé à matrice de pierre. Canadian Journal of Civil Engineering, 2003, n°30, pp. 902-913.
- [12] Yang H. Huang, Pavement Analysis and Design, Second Edition, 2004, pp 309-317.

Evaluación de las propiedades volumétricas de una mezcla asfáltica de alto desempeño elaborada con agregado mineral con baja resistencia a la carga abrasiva

Mayra A. Valenzuela Pérez, UABC
Alejandro Mungaray-Moctezuma, UABC
Horacio Delgado Alamilla, IMT
Facultad de Ingeniería,
Universidad Autónoma de Baja California
mayra.valenzuela@uabc.edu.mx

Introducción

El incremento en el volumen de tránsito y de las cargas impuestas por éste exige mezclas cada vez más durables y con un mejor desempeño, por lo que actividades como el diseño, fabricación y colocación de la mezcla asfáltica deben llevarse a cabo al más alto nivel optimizando los recursos disponibles.^[1]

La mezcla asfáltica es un material compuesto, formado por la conjunción de agregados pétreos y un cemento asfáltico (eventualmente con aditivos). Sus propiedades mecánicas de resistencia, deformación y permeabilidad estarán condicionadas, a su vez por las propiedades particulares de cada componente en la mezcla.

La mezcla asfáltica contiene un promedio de 6% de asfalto y 94% de agregados con respecto a su peso, por lo anterior una etapa fundamental en el diseño de las mezclas asfálticas es el análisis de la calidad del asfalto y de los agregados.^[2]

Actualmente la investigación para determinar la calidad de los materiales que conforman una mezcla asfáltica ha cobrado gran importancia, debido a que cada vez con mayor frecuencia se presentan fallas en los pavimentos flexibles. Lo que obedece en algunos casos a la variación de las propiedades de origen del agregado, a diseños de mezclas que no tienen el contenido de asfalto óptimo y/o a prácticas imprecisas de los procedimientos de construcción o compactación de las carpetas asfálticas al momento de su tendido. Es por ello que en esta investigación se estudia la degradación (como propiedad de origen del agregado) y su influencia en la variación de las propiedades volumétricas de una mezcla asfáltica de alto desempeño.

En base a la necesidad de contar con pavimentos de alto desempeño capaces de ser funcionales, seguros y con larga vida de servicio, ante las diferentes condiciones de carga y medioambientales presentes en las zonas geográficas de nuestro

#EligeAsfalto

#Seguridad #Reciclar #Preservar

#Invertir #Innovar #Cuidar



@AMAACmx



Distribuidores de
Kao
Kao Corporation

www.quimicaboss.com.mx

Tel: 01(33)3684-0505

asfaltos@quimicaboss.com.mx

POLIMEROS MODIFICADORES DE ASFALTO

TERPOLÍMERO DE ETILENO
Lotader AX - 8900
Asfalto Modificado

BUTONAL NX-4190
BUTONAL NX-1129

APLICACIÓN
EMULSION
Modificada y mezcla en caliente

Polímero SBR.

!Una solución
Confiable!



UDLAP | Consultores

LABORATORIO MEZCLAS ASFÁLTICAS LMA

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS:

Laboratorio certificado y especializado en pavimentos, equipado con tecnología de punta, para responder a las necesidades de infraestructura del país.

Como laboratorio en agregados pétreos y mezclas asfálticas, contamos con el reconocimiento IMT-AMAAC, cumpliendo con el nivel II, III y IV del protocolo AMAAC.

Nuestros servicios:

- Evaluación de calidad en agregados pétreos
- Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas
- Diseño de pavimentos
- Diseño de mezclas Asfálticas en caliente:
a. Protocolo AMAAC (Nivel 4)



Informes: udlap.consultores@udlap.mx - www.udlap.mx/consultores/ - Tel: (222) 229 2711 - 229 2256
[Facebook](https://www.facebook.com/udlapconsultores) / [Instagram](https://www.instagram.com/udlapconsultores) / [LinkedIn](https://www.linkedin.com/company/udlapconsultores) / [YouTube](https://www.youtube.com/channel/UC...)

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

país. La Asociación Mexicana del Asfalto (AMAAC) ha propuesto un protocolo para el diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño, cuyas características constan de una mayor resistencia a las deformaciones plásticas, al fenómeno de fatiga y al daño por humedad, en comparación con el comportamiento presentado en mezclas asfálticas convencionales, dicho cometido se logra cuando se alcanzan propiedades volumétricas adecuadas en la carpeta asfáltica terminada.^[3]

Objetivo

Se ha establecido como objetivo determinar el tipo de afectación que sufre una mezcla asfáltica elaborada con material pétreo que presenta baja resistencia a la carga abrasiva y su correlación con las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica.

Metodología

La metodología de esta investigación se centra en cuatro etapas: calidad de agregados, diseño volumétrico de la mezcla asfáltica, la evaluación de la mezcla mediante pruebas de desempeño que determinan la calidad y comportamiento de la mezcla y finalmente la influencia de la degradación en las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica.

Calidad de agregados

En primer término se evalúa las calidades de los agregados utilizados mediante las especificaciones que establece Protocolo AMAAC.

Es importante mencionar que la calidad de la mezcla asfáltica depende principalmente de los materiales que la constituyen, y la capacidad de carga de la carpeta es proporcionada esencialmente por los agregados, de esto se deriva la importancia de una adecuada selección y manejo de los materiales pétreos que serán utilizados para elaborar una mezcla asfáltica, específicamente en lo que se refiere a una adecuada distribución granulométrica.^[4]

Diseño volumétrico de la mezcla asfáltica

El diseño de una mezcla asfáltica de alto desempeño contempla diversas variables durante todo el proceso que la conlleva, principalmente las propiedades volumétricas de la misma, ya que son una parte funda-

mental en el comportamiento de la mezcla, vacíos de aire (Va) específicamente el 4%; vacíos en el agregado mineral (VAM); vacíos llenados con asfalto (VFA); y contenido de asfalto efectivo (Pbe) son los parámetros más importantes ya que proporcionan un indicio del funcionamiento probable de la mezcla asfáltica.

Pruebas de desempeño

Para efectos de esta investigación se determinó que las mezclas elaboradas se evaluarían mediante dos pruebas de desempeño que serían: *Susceptibilidad al daño inducido por humedad* y *Susceptibilidad a la deformación permanente por medio de la rueda cargada de Hamburgo*, lo que permitiría establecer si para el periodo del proyecto los deterioros se mantendrán dentro de los límites de aceptación establecidos que no afecten el nivel de servicio.

Influencia de la degradación

Con el fin de comprobar o rechazar la hipótesis planteada en esta investigación se evaluará la influencia que representa que un agregado tenga baja resistencia a la abrasión en las propiedades volumétricas de la mezcla, es decir, determinaremos el nivel de afectación que aporta este tipo de especificación al momento de llevar a cabo el diseño de una mezcla asfáltica de alto desempeño de granulometría densa.

Se elaborarán dos mezclas para cada material a evaluar con el contenido óptimo de asfalto, una de ellas se realizó el procedimiento de compactación para obtener un espécimen con el 4% de vacíos, esto con el fin de realizar un lavado por medio del equipo Rotarex.

Resultados

Agregados

Se utilizaron agregados de dos diferentes bancos, cuyos procesos de extracción difieren, el asfalto empleado para la mezcla fue un AC-20.

Conforme la selección de materiales se realizaron las granulometrías para cada uno de ellos conforme lo establecido en la normativa, posteriormente se establecen 3 propuestas de estructura granulométrica para cada mezcla donde en cada una de las mezclas se efectuó una sustitución del agregado grueso que es el material que presenta una alta degradación, para con ello, poder evaluar los cambios

que se presenten en los dos escenarios planteados y de esa manera medir la influencia que tiene la degradación en la mezcla.

Se realizaron pruebas a los materiales de los cuales de manera inicial se obtuvieron las densidades y granulometrías correspondientes. De manera particular se analizó principalmente el ensaye de desgaste de Los Ángeles de acuerdo a la norma ASTM C131/06 y desgaste Microdeval ASTM D6928/10 ya que esta investigación se centra en los cambios que puedan presentarse por la baja resistencia a la abrasión. Conforme a lo anterior descrito se propusieron tres estructuras granulométricas de diseño y se seleccionó la que cuenta con una proporción equitativa con tendencia al agregado grueso, como se muestra en la Tabla 1.

| Tabla 1. Estructura granulométrica de diseño propuesta | | |
|---|--------------------|---------------------------|
| Mallas | Abertura mm | Propuesta que pasa |
| 1" (25 mm) | 25,40 | 100 |
| ¾" (19 mm) | 19,00 | 96,9 |
| ½" (13 mm) | 12,5 | 80,6 |
| ⅜" (9 mm) | 9,5 | 70,0 |
| Núm. 4 | 4,75 | 34,4 |
| Núm. 8 | 2,36 | 23,5 |
| Núm. 16 | 1,18 | 17,7 |
| Núm. 30 | 0,60 | 12,6 |
| Núm. 50 | 0,30 | 8,10 |
| Núm. 100 | 0,15 | 5,20 |
| Núm. 200 | 0,075 | 3,40 |

Posteriormente se realizaron los ensayos correspondientes para evaluar la calidad de los agregados establecidos en el Protocolo AMAAC PA-MA 01/2013, de los cuales se obtuvieron los resultados indicados en la Tabla 2.

| Tabla 2. Características de calidad del agregado | | | |
|---|-----------------------------|-----------|---------------------------------------|
| Característica | Resultados obtenidos | | Especificación Protocolo AMAAC |
| | M1 | M2 | |
| Desgaste Los Ángeles | 43,0% | 33,0% | 30% máximo |
| Desgaste microdeval | 24,4% | 12,8% | 18% máximo |
| Intemperismo acelerado | 2,37% | 1,50% | 15% máximo |
| Caras fracturadas | 93,3% | 100% | 90% mínimo |
| Partículas planas y alargadas | 0,31% | 5,81% | 5 a 1, 10% máximo |
| Equivalente de arena | 29,0% | 68,0% | 50% mínimo |
| Angularidad | 45,7% | 79,09% | 40% mínimo |
| Azul de metileno | 10 ml/g | 5 ml/g | 15% máximo |
| Adherencia con el asfalto (ebullición) | 95,0% | 90,0% | 90% mínimo |
| Adherencia con el asfalto (fricción) | 62,0% | 54,0% | 90% mínimo |

Diseño de la mezcla asfáltica de alto desempeño

El diseño de la mezcla asfáltica de alto desempeño se realizó conforme lo establecido en el protocolo AMAAC PA-MA 01/2013 para un nivel de tránsito medio. Una vez obtenida la granulometría de diseño y las características del material, se propone un contenido de asfalto de 5% y se obtiene la gravedad específica efectiva inicial ($G_{se,ini}$), el volumen de asfalto absorbido inicial ($V_{ba,ini}$), volumen de asfalto efectivo inicial ($V_{be,ini}$) y el peso del agregado inicial ($W_{s,ini}$), esto con el fin de obtener el cálculo del contenido de asfalto inicial (P_{bi}).

En la Tabla 3 se presentan los porcentajes para el contenido de asfalto inicial de cada mezcla.

Tabla 3. Contenido de asfalto inicial

| | Mezcla 1 | Mezcla 2 |
|-----|----------|----------|
| Pbi | 4,90 | 4,84 |

Con los resultados obtenidos se elaboraron especímenes para compactación con el compactador giratorio a un número de giros de diseño (75) con el contenido de asfalto inicial calculado. Se determinaron la gravedad específica bruta (G_{mb}) y la gravedad teórica máxima (G_{mm}) para cada mezcla a evaluar de acuerdo a la normativa ASTM D 2726 /11 y ASTM D2041M-11 respectivamente en la Tabla 4 se muestra la gravedad específica efectiva (G_{se}) de la mezcla.

Tabla 4. Gravedad específica efectiva

| | Mezcla 1 | Mezcla 2 |
|-----|----------|----------|
| Gse | 2,698 | 2,676 |

Una vez obtenidos los resultados (Tabla 5) se determina el contenido de asfalto estimado para el 4% de vacíos.

Tabla 5. Parámetros volumétricos

| Parámetro | Mezcla | | Especificación* |
|---------------|--------|--------|-----------------|
| | M1** | M2*** | |
| Gsb | 2,629 | 2,683 | |
| Gb | 1,0297 | 1,0297 | |
| Pbestimado, % | 4,8 | 4,9 | |
| Gmb | 2,388 | 2,409 | |
| Gmm | 2,486 | 2,485 | |
| VAMest, % | 13,53 | 14,17 | 13 mín. |
| VFAest, % | 70,4 | 71,78 | 65-75 |
| Va, % | 3,92 | 3,07 | 4,0 |
| Dpest | 0,89 | 0,81 | 0,6-1,2 |
| Pbeest, % | 4,11 | 4,33 | |
| %Gmm@Niniest | 85,4 | 84,81 | |

* Fuente: Protocolo AMAAC PA-MA 01/2013

** M1: mezcla de material 1

*** M2: mezcla de material 2

Contenido óptimo de asfalto y propiedades volumétricas

Se realizaron especímenes con diferentes contenidos de asfalto $\pm 0,5$ del contenido de asfalto estimado para determinar el contenido óptimo de asfalto para el 4% de vacíos (ver Figuras 2 y 3).

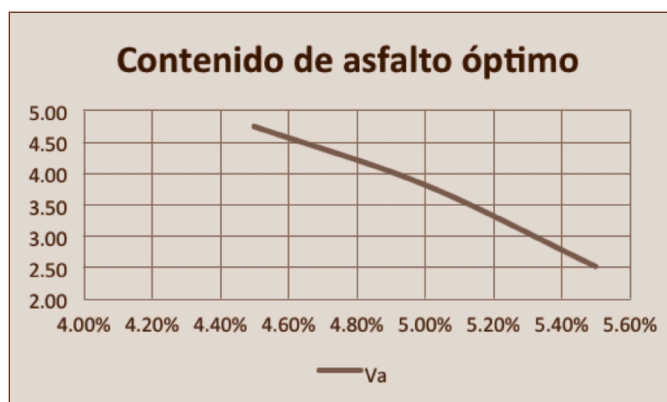


Figura 2. Contenido óptimo de asfalto para mezcla 1.



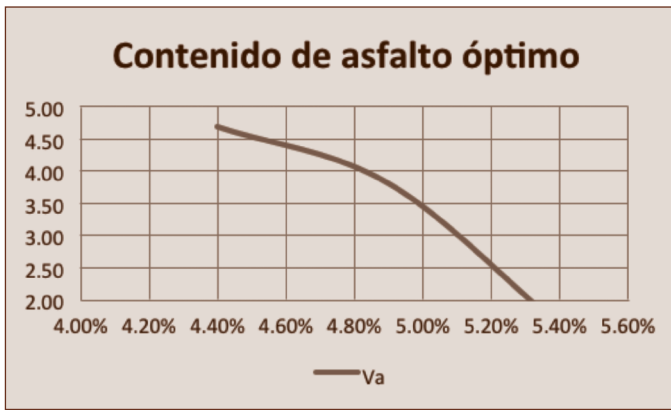


Figura 3. Contenido óptimo de asfalto para mezcla 2.

Los resultados obtenidos y la verificación gráfica de cada una de las mezclas, muestra que para la mezcla 1 el contenido óptimo de asfalto es de 4,9% (ver Figura 2), mientras que para la mezcla 2 es de 4,8% (ver Figura 3), mediante estos resultados se percató que las muestras a pesar de su diferencia en las propiedades del agregado, el comportamiento durante el proceso de diseño fue muy semejante en todas las determinaciones.

Pruebas de desempeño

Una forma de medir el comportamiento que tienen las mezclas que se evalúan en esta investigación, es sin duda, mediante las pruebas de desempeño que para esta investigación son la susceptibilidad a la deformación permanente y la susceptibilidad al daño inducido por humedad.

Susceptibilidad a la deformación permanente

La susceptibilidad a la deformación permanente se evaluó en especímenes de 150 mm de diámetro y 60 mm de altura con un contenido de vacíos de aire de 7 ± 1 y conforme a la recomendación AMAAC RA-01/2011 “Susceptibilidad a la humedad y la deformación permanente por rodera con el analizador de rueda cargada de Hamburgo (HWT)”, en una mezcla asfáltica compacta.^[5]

Una vez determinado el número de pasadas requeridas de acuerdo al nivel de tránsito de diseño a la cual serán sometidos los especímenes, se procede a la determinación de la masa para la elaboración de las probetas a evaluar (ver Tablas 11 y 12).

| Tabla 11. Cálculo de masa mezcla 1 | |
|------------------------------------|------------|
| Datos | Resultados |
| Masa | 2341,52 |

| Tabla 12. Cálculo de masa mezcla 2 | |
|------------------------------------|------------|
| Datos | Resultados |
| Masa | 2336,48 |

A continuación se presentan los resultados obtenidos mediante la rueda cargada de Hamburgo:

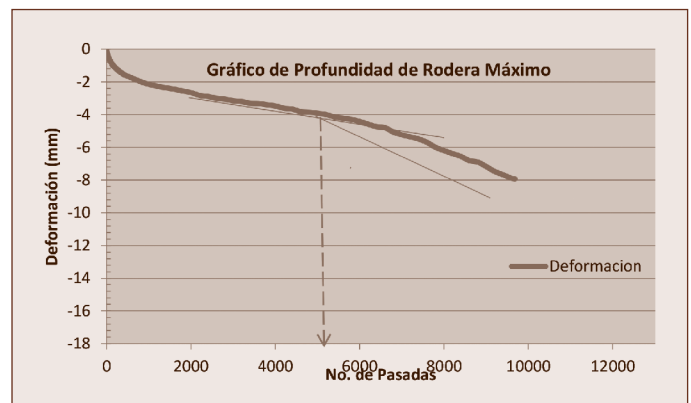


Figura 4. Gráfica de deformación permanente en la mezcla 1.

En la Figura 4 se visualizan mediante gráficas los valores de las deformaciones sufridas en los especímenes conforme el número de pasadas transcurridas en el ensaye, los valores muestran un fallo inicial a las 6 229 pasadas lado 1 y 5 905 pasadas del lado 2, y a su vez un ciclo finalizado a las 9 198 pasadas cuando el requisito establecido por Protocolo AMAAC son de 15 000 pasadas a lo cual en este punto indica que la deformación máxima referida por el programa que son 15 cm.

A su vez en la Figura 5, se muestran los resultados obtenidos de la mezcla 2, en la cual se observa que el fallo inicial se produjo a las 7 278 pasadas del lado 1 y 7 071 pasadas del lado 2, pero llegado un poco más lejos ya que dicha mezcla soportó 12 484 pasadas, sin embargo dicho resultado indicó que la deformación máxima de ruptura había sido excedida.

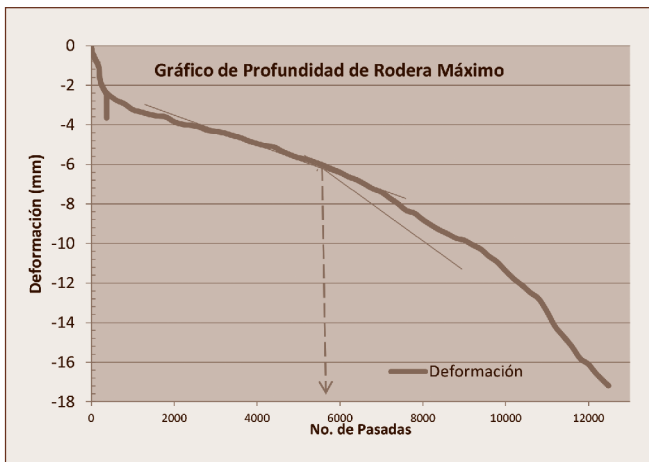


Figura 5. Gráfica de deformación permanente en la mezcla 2.



Figura 6. Resultados de deformación permanente.

Susceptibilidad a la humedad

Según Cáceres (2007), menciona que este tipo de daño es el de mayor incidencia en México, ya que se puede observar que en temporadas de lluvias aparecen los baches sobre los pavimentos asfálticos construidos con mezclas asfálticas susceptibles a la humedad.

Como lo especifica el Protocolo AMAAC, se realizó el ensaye de AMAAC RA-04 “Resistencia de las mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad”,^[6] mediante el cual se obtuvieron los siguientes resultados (ver Tablas 13 y 14):

Tabla 13. Resultados del ensaye TSR mezcla 1

| Especímen | %Va | Condición | t (mm) | D mm | Carga (N) | St (KPa) | St prom | TSR (%) |
|-----------|-----|---------------|--------|------|-----------|----------|---------|---------|
| 1 | 6,5 | SECA | 62,69 | 100 | 8353,8 | 848,33 | 982,06 | 39,47 |
| 2 | 6,5 | | 62,67 | 100 | 10970 | 1114,36 | | |
| 3 | 6,5 | | 62,69 | 100 | 9684,9 | 983,50 | | |
| 4 | 6,5 | ACONDICIONADA | 62,82 | 100 | 3213 | 325,60 | 387,60 | |
| 5 | 6,5 | | 62,89 | 100 | 4131 | 418,17 | | |
| 6 | 6,5 | | 62,76 | 100 | 4131 | 419,03 | | |

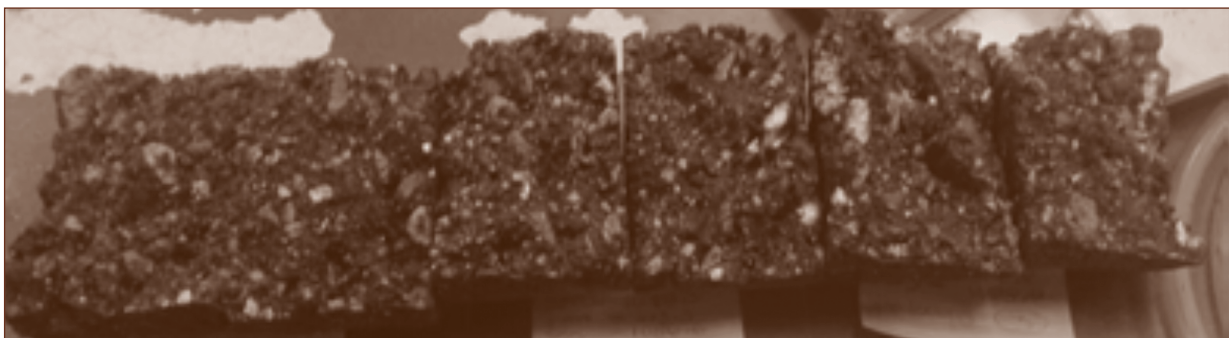


Figura 7. Resultados TSR.

| Espécimen | %Va | Condición | t (mm) | D mm | Carga (N) | St (KPa) | St prom | TSR (%) |
|-----------|-----|---------------|--------|------|-----------|----------|---------|---------|
| 1 | 6,5 | SECA | 62,79 | 100 | 6701,4 | 679,4 | 676,02 | 40,00 |
| 2 | 6,5 | | 62,81 | 100 | 6563,7 | 665,3 | | |
| 3 | 6,5 | | 62,86 | 100 | 6747,3 | 683,3 | | |
| 4 | 6,5 | ACONDICIONADA | 62,88 | 100 | 1698,3 | 171,9 | 270,42 | |
| 5 | 6,5 | | 62,70 | 100 | 4039,2 | 410,1 | | |
| 6 | 6,5 | | 62,47 | 100 | 2249,1 | 229,2 | | |

Los resultados obtenidos nos permiten verificar que la mezcla asfáltica elaborada con las especificaciones ya descritas y que no han cumplido con los parámetros establecidos en la deformación permanente, tampoco presentan la resistencia necesaria requerida, lo cual muestra que los especímenes evaluados son muy susceptibles a la acción de la humedad la cual establece en la norma AMAAC RA 04/2010 como requisito mínimo un 80%, de los cuales en las mezclas evaluadas se obtuvieron valores de 39,47 % (mezcla 1) y 40,0 % (mezcla 2), en los cuales se observó un agrietamiento de agregado en porciones mínimas (ver Figura 7).

Influencia de la degradación en las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica

Al final de esta investigación se tiene la influencia de la degradación en las propiedades volumétricas mediante las estructuras granulométricas de diseño y contenido óptimo de asfalto para cada mezcla. Siendo así, se determinó el rango de influencia mediante el lavado de la mezcla suelta y compacta para cada mezcla a evaluar.

| Mallas | Diseño | Lavado compacto | Lavado suelto |
|--------|--------|-----------------|---------------|
| 25,4 | 100,0 | 100 | 100 |
| 19 | 95,6 | 100 | 96,5 |
| 12,5 | 72,4 | 73,9 | 72,0 |
| 9,5 | 59,7 | 60,0 | 57,7 |
| 4,75 | 36,3 | 38,1 | 35,5 |
| 2,36 | 26,8 | 28,7 | 26,3 |
| 1,18 | 20,1 | 20,0 | 18,5 |
| 0,6 | 14,0 | 13,0 | 12,2 |
| 0,3 | 8,8 | 7,3 | 7,6 |
| 0,15 | 5,5 | 4,3 | 5,2 |
| 0,075 | 3,6 | 1,8 | 2,7 |

Se observa que durante la compactación la mezcla 2 no presenta ningún cambio significativo el cual pueda afectar las propiedades volumétricas (ver Tabla 16).

Sin embargo, en la mezcla 1 si existe una trituración más notoria en el proceso de compactación lo cual se ve reflejado en la tabla 15 y se refleja en la Figura 9.

Mientras que en la mezcla 2 durante la compactación no se presenta ningún cambio significativo el cual pueda afectar las propiedades volumétricas (ver Figura 10).

| Mallas | Diseño | Lavado compacto | Lavado suelto |
|--------|--------|-----------------|---------------|
| 25,4 | 100,0 | 100 | 100 |
| 19 | 95,6 | 96,3 | 96,3 |
| 12,5 | 72,4 | 71,4 | 71,5 |
| 9,5 | 59,7 | 60,4 | 59,1 |
| 4,75 | 36,3 | 34,9 | 35,0 |
| 2,36 | 26,8 | 26,1 | 26,0 |
| 1,18 | 20,1 | 18,6 | 19,0 |
| 0,6 | 14,0 | 12,8 | 13,0 |
| 0,3 | 8,8 | 7,8 | 8,0 |
| 0,15 | 5,5 | 4,8 | 4,5 |
| 0,075 | 3,6 | 2,3 | 2,0 |

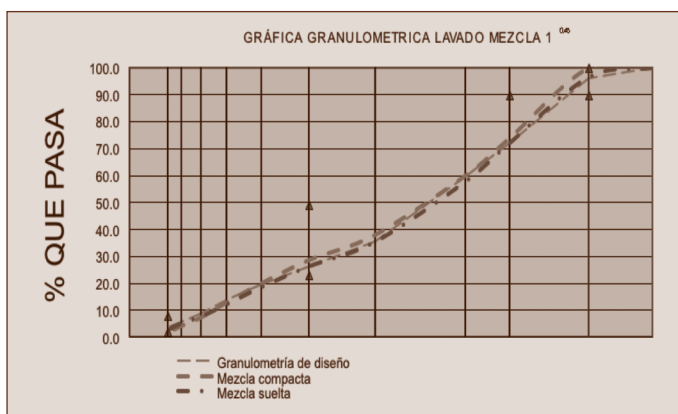


Figura 9. Granulometrías mezcla 1.

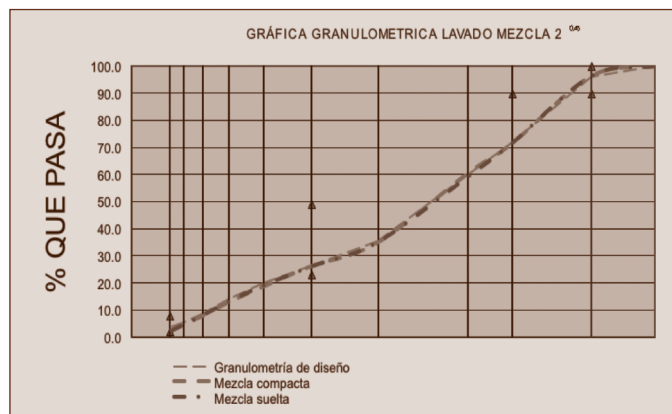


Figura 10. Granulometrías mezcla 2.

Conclusiones

Esta investigación permitió verificar que el cumplir con las propiedades volumétricas de una mezcla asfáltica no asegura el buen desempeño de la misma, ya que existen otros parámetros importantes que influyen en el desempeño de la mezcla, como las pruebas que permiten evaluar más a fondo su comportamiento.

Los materiales pétreos utilizados corroboraron claramente el incumplimiento de los requisitos mínimos de calidad que establece Protocolo AMMAC. Aunque existían propiedades de origen con características diferentes, el comportamiento de la mezcla fue muy parecido y esto permitió obtener una estructura granulométrica similar entre ambas.

MADISA[®]

CAT[®]

Innovando en el Mantenimiento de Carreteras

Tecnología de Punta a su Servicio



CONTÁCTANOS

01 800 26 30146

www.madisa.com




Sin embargo, en el progreso de los diseños se pudieron detectar diversas variables que no lograban concordar con los resultados que se obtenían. En específico, las dos mezclas presentaban una máxima deformación permanente establecida en el equipo aun siendo materiales de diferente fuente de origen y los resultados de la rueda cargada de Hamburgo presentaron un fallo anticipado del ligante. En resumen, el cemento asfáltico no exhibía la adherencia necesaria para la mezcla.

El material 1 presentó un cambio más significativo que el material 2, donde se realizó un reemplazo en los agregados gruesos del material 1, indicando que el proceso de trituración en la mezcla 1 repercute en el cambio de tamaño del agregado, ya que se observa que en la granulometría de diseño se tiene un 95,6% de material que pasa la malla con abertura de 19 mm, lo que nos indica que tenemos un 4,4% de dicho tamaño en la mezcla. Una vez compactado este tamaño ya no está presente en la mezcla asfáltica, lo que significa que las partículas de 19 mm en la mezcla 1 se eliminaron en el proceso de compactación exponiendo un fenómeno de trituración, mientras que el material 2 no presenta cambio alguno en cuanto a la granulometría de diseño durante el proceso de compactación. Debido al resultado obtenido se atribuye a que al tener una granulometría con tamaño nominal más bajo, esto reduce el desempeño de la mezcla a la deformación permanente.

Finalmente, al evaluar las propiedades volumétricas después de elaborado el lavado de material correspondiente, los resultados de esta investigación asociados a la baja resistencia a la carga abrasiva de los materiales exponen que durante la compactación no se presentó un cambio considerable que pudiera afectar las propiedades volumétricas de la mezcla.

Se determina que un problema preponderante de la mezcla fue la falta de adherencia asfalto-agregado, ya que dicho parámetro influyó de manera contundente en el comportamiento de la mezcla, ya que aunado a ello con la carencia de una propiedad del agregado como lo es la dureza los resultados obtenidos no fueron los más esperados para un buen com-

portamiento. Es por ello que se concluye que para la evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica con agregado que presente baja resistencia a la carga abrasiva, es necesario incorporar un aditivo promotor de la adherencia.

Lo anterior, nos permite concluir que al presentarse agregados que no cumplen con las especificaciones que establece Protocolo AMAAC, en especial el desgaste de Los Ángeles, el resultado que se obtiene produce un efecto colateral en el desempeño de la mezcla. Por lo que se debe prestar mucha atención al momento de la evaluación de la calidad del agregado, ya que el efecto que produce tal requisito influye de manera considerable reduciendo el tamaño nominal y por ende el buen desempeño de la mezcla, si en suma a este escenario se le agrega la presencia de una mala adherencia entre asfalto-agregado o incluso en la selección de la granulometría. 

¿Quieres profundizar?

1. Garnica, P., Delgado, H., & Sandoval, C. (2005). Análisis comparativo de los métodos Marshall y Superpave para compactación de mezclas asfálticas, Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte.
2. Cáceres, C. (2007). Análisis de la metodología superpave para el diseño de mezclas asfálticas en México. Cholula, Puebla, México.
3. AMAAC (2013). Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño; PA-MA 01/2013.³ México: Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.
4. Crespín, R., Santa Cruz, I., & Torres, P. (2012). Aplicación del método Marshall y granulometría Superpave en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con asfalto clasificación grado de desempeño. Universitaria, San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador.
5. Asociación Mexicana del Asfalto, A.C (AMAAC) RA 01/2011. Susceptibilidad a humedad y deformación permanente por rodera en el analizador de rueda cargada de Hamburgo (HWT), en una mezcla asfáltica compactada.
6. Asociación Mexicana del Asfalto, A.C. (AMAAC) RA 04/2010. Resistencia de las mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad.



Planeación y organización: nuevo enfoque

Mtro. Jorge Ernesto Michaus Gutiérrez
Tomado de la Revista *AH Administrate Hoy*

En la actualidad, los rápidos cambios que se están dando en el mundo, producto principalmente del avance vertiginoso en las telecomunicaciones y en los sistemas de información, han provocado que los consumidores posean más elementos para tomar decisiones de compra, y esto ha dado como consecuencia una competencia más encarnizada, en donde las empresas buscan diferenciarse ventajosamente de sus competidores mediante nuevas tecnologías, técnicas administrativas y productos, generándose un entorno cambiante donde solo sobreviven las más aptas para adaptarse rápidamente o para generar cambios.

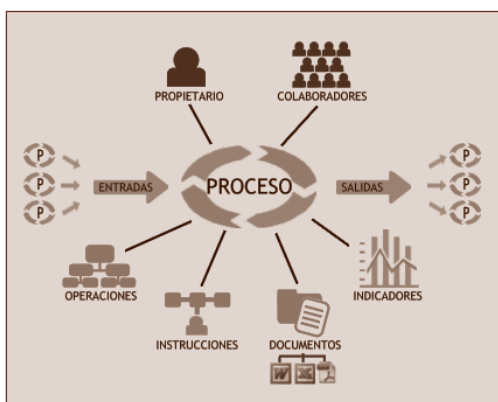
Esas nuevas técnicas administrativas han pretendido ser la panacea de la solución a los problemas de las empresas. Se suscita un gran entusiasmo, primeramente, y surgen modas en cuanto a esas técnicas, por lo que las empresas las aplican, pero al no obtenerse los resultados esperados terminan por dar marcha atrás.

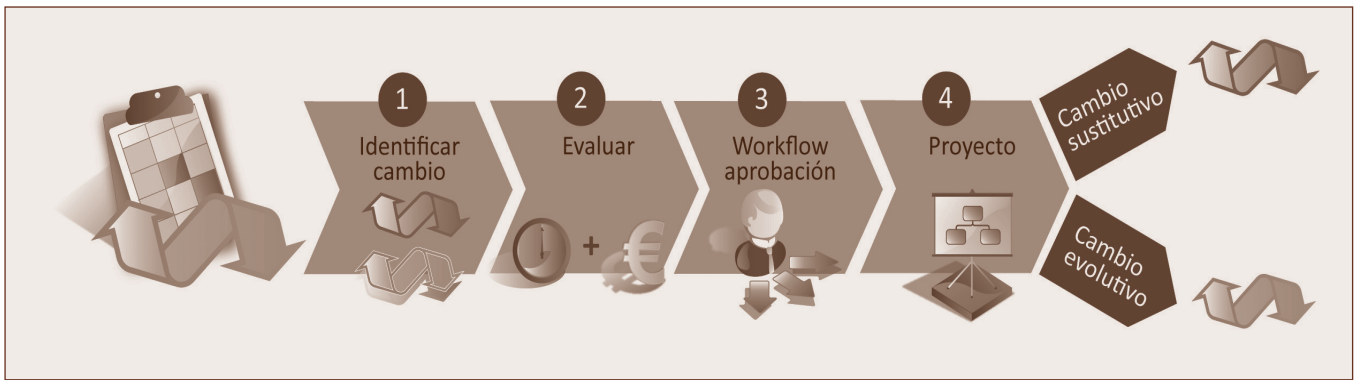
Han aparecido en distintos momentos el *Benchmarking*, la Calidad Total, el *Outsourcing*, la mejora continua, el *Empowerment*, entre otros. Cada una de esas técnicas, por lo general, bus-

can mayor eficiencia de una función, proceso, o de la empresa en general, desde el punto de vista interno, externo, o de ambos, y el error más común que se ha cometido, es no ver a la empresa como un sistema integral que tiene el fin de satisfacer una necesidad de los clientes, y con ello, cumplir los objetivos de generar ganancias y de permanencia.

Esas técnicas, en su mayoría, son eficientes, y en realidad pueden ser de mucha utilidad a la empresa, más aún cuando se utilizan de manera coordinada y congruente. El principal problema de la implantación de esas técnicas, es que se pretenden establecer en la misma forma tradicional de administrar, y esas técnicas, en sí, pertenecen a una nueva forma de administración. La mejora continua, por ejemplo, no resulta muy eficiente cuando se implanta en un esquema de organización por funciones.

Hablar de una nueva administración no quiere decir que todo lo anterior no sirva, ya que, por ejemplo, sigue siendo válido el esquema del proceso administrativo tradicional de planeación (que incluye la previsión), organización, integración, dirección y control, sino que ha variado su enfoque. El enfoque de la administración tradicional parte de la empresa, es decir, sobre la base de una idea concebida, se planea





y organiza y después se produce e intenta vender esa producción. La planeación se realiza basándose en la capacidad de la empresa, no toman en cuenta el entorno, la misión no es clara, y la visión no existe porque la planeación se realiza a corto plazo, dándole énfasis a las ganancias, sin considerar la permanencia.

La nueva forma de administrar comienza en la misión y la visión de la empresa, a partir de ahí se realiza el análisis del entorno, y todo el proceso administrativo de la empresa girará en torno a ellos (la misión, la visión y el análisis del entorno), en otras palabras, la planeación inicia internamente (con la misión y la visión), pero las estrategias se basan en la información externa, identificando las necesidades de los consumidores y sus preferencias, evaluando a nuestros competidores (por cada uno de nuestros negocios), adelantándonos a sus posibles acciones y detectando los posibles cambios para adaptarnos o generarlos.

La planeación, guiada por la misión y la visión de la empresa, establece los objetivos estratégicos por cada negocio, y las estrategias para alcanzarlos, a corto, mediano y largo plazos, o sea, para uno, cinco y veinte años, con el fin no sólo de obtener ganancias, sino también de tener una permanencia.

Resaltando lo anterior, podemos decir que en la forma tradicional de administración (en la que se planea solo a corto plazo), la ganancia se obtiene con el ahorro de costos y gastos en el corto plazo, pero dicho ahorro, en muchas ocasiones, afecta la permanencia de la empresa en el mediano o largo plazo. Por ejemplo, el ahorro en gastos de investigación y desarrollo produce mayores ganancias en el ejercicio, pero origina la obsolescencia de la tecnología o del producto (que es el satisfactor de la necesidad del cliente) en el mediano o largo plazo.

Otro ejemplo, es el que se ha dado de forma común en la micro y pequeña industria, de cuando se ahorran costos en la materia prima o en la mano de obra no capacitada, con el fin de ofrecer un precio más competitivo, y con ello acceder a un porcentaje mayor de mercado. Esto será cierto en el corto plazo, pero a la larga causará devoluciones, desperdicios, y de nuevo la pérdida de mercado, además, es muy probable que los costos en vez de bajar aumenten (por el costo de no-calidad).

Por otra parte, la nueva forma de administrar, no solo es diferente en su manera de planear, también lo es en su forma de organizar. La organización, en el nuevo estilo de adminis-

tración, ha dejado en un segundo plano a las funciones (no las ha eliminado), y les ha dado mayor importancia a los procesos. Ya no se trata de una organización plana, sino de una tridimensional, orientada por sus procesos, funciones y productos, que se basa en su planeación estratégica y, por lo tanto, en el entorno.

La planeación estratégica requiere que la empresa cambie su organización funcional, por una tridimensional de procesos, funciones y productos, ya que si no es así, la eficiencia de la empresa se verá afectada de manera considerable; pues es como si para obtener el resultado final de una serie de varias operaciones matemáticas, con una mano se usara la calculadora, y con la otra el ábaco. El resultado final se vería limitado por el ábaco, no importando la velocidad y la exactitud de la calculadora. Así tampoco importa qué tan buenos planes estratégicos se tengan, la eficiencia del resultado estará en función de la flexibilidad y eficiencia de la estructura que los lleve a cabo.

Tradicionalmente, las empresas se han organizado de manera funcional, por lo que los procesos en las empresas se encontraban de manera informal y no se tenían bien identificados, ya que cada tarea formaba parte de una función y no de un proceso, por

lo que la estructura jerárquica funcional desordenaba el flujo del proceso creando cuellos de botella, tareas duplicadas o lentas, conflictos de intereses o deficiencias de control.

Aunado a lo anterior, la medición del desempeño por parte del jefe funcional, hacía difícil saber, realmente, qué tan productivos eran los empleados o quiénes lo eran más, ya que la productividad se medía muchas veces con criterios subjetivos, sin tomar en cuenta el valor agregado que su trabajo aportaba al cliente o al cumplimiento de los objetivos de la empresa.

La nueva forma de administrar plantea una nueva organización, donde las áreas funcionales subsisten, pero ahora los procesos guían a las actividades de cada empleado, dependiendo del rol que desempeñen en cada uno de los procesos donde participen, y además se estructuran en torno a los productos, los cuales se constituyen alrededor de los objetivos estratégicos y de sus estrategias de negocio.

La organización tridimensional plantea, en primer lugar, la definición de los procesos de negocio y de soporte; los primeros, como aquellos que proporcionan un valor agregado al cliente, y los segundos, como los que proporcionan un producto o servicio que ayuda a los procesos de negocio a funcionar. Los productos de los procesos de negocio pretenden satisfacer las necesidades de los clientes externos o finales, mientras que los productos de los procesos de soporte a las de los clientes internos o de la organización.

Con la organización por procesos (principalmente), la estructura organizacional se vuelve más plana y la medición del desempeño más objetiva, ya que sus "funciones" las realizan dentro de un "proceso", y su clasifica-

ción depende de la eficiencia de participación dentro del proceso.

En segundo lugar, las funciones permanecen en la estructura organizacional, debido a que se necesita la especialización al realizar lo mismo en tareas de distintos procesos y diferentes productos (por ejemplo, la función de abastecimiento aparece en varios procesos y productos).

La organización tridimensional se funda, en tercer lugar, en los productos o líneas de negocio en donde se desea participar, los cuales utilizan la información proporcionada por la planeación estratégica para estipular los objetivos estratégicos, que, a su vez, para ser alcanzados, requieren de la instauración de estrategias de negocio (que son las guías de las acciones que se deberán realizar).

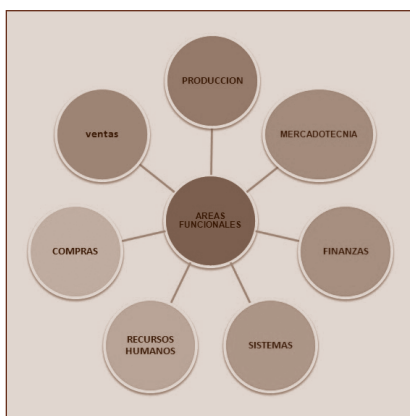
La organización tridimensional, en resumen, incrementa la eficiencia de la empresa mediante el establecimiento de procesos de negocio y de soporte orientados al cliente, integrados y fluidos, además de una estructura funcional que permite la eficiencia de la aplicación de la especialización de un trabajo en diferentes tareas de distintos procesos, e incorpora la planeación estratégica mediante la definición de las líneas de negocios o productos, de acuerdo con los objetivos estratégicos y la misión de la empresa.

Metodología de la aplicación de la nueva administración

A continuación se exponen, a grandes rasgos, los puntos básicos de la metodología de la aplicación de la nueva administración para las etapas de planeación y organización:

Planeación estratégica

- Definición de la misión y la visión



- Determinar la misión de la empresa, identificando los propósitos, filosofías básicas, productos y mercados.
- Establecer la visión de la empresa, es decir, en dónde y cómo queremos estar en el largo plazo.
- Análisis del entorno
 - Definir los factores críticos de éxito de cada negocio de la empresa.
 - Identificar las fuerzas y debilidades de la empresa, y las oportunidades y amenazas del entorno.
- Establecimiento de los objetivos estratégicos
 - Objetivos estratégicos generales de la empresa.
 - Objetivos estratégicos por línea de negocio.
- Especificación de las estrategias de negocio
 - Estrategias generales de la empresa.
 - Estrategias por línea de negocio.

Organización tridimensional

- Identificación y formalización de los procesos
 - Formalización de los procesos de negocio.
 - Formalización de los procesos de soporte.
 - Identificación y eliminación de las tareas y procesos de negocio y soporte que no proporcionen valor agregado (al cliente o negocio).
- Definición y dimensionamiento de las áreas funcionales
 - Reestructurar áreas funcionales basándose en:
 - Las tareas definidas en los procesos de negocio y soporte.
 - Los roles asignados a cada una de las tareas.
 - La carga de trabajo esperada de cada rol.
 - Los roles que componen cada puesto.
 - Las capacidades y habilidades que requieren cada puesto.
 - Los puestos (capacidades y habilidades similares) que componen un área funcional.
- Determinar las líneas de negocio donde participará
 - Distinguir las líneas de negocio (productos) donde participará, de acuerdo con la información proporcionada por la planeación estratégica.
 - Referir los procesos que requiere.
 - Identificar los expertos de cada producto.

Condiciones para su implantación

La planeación estratégica requiere para su implantación, de un cambio cultural al más alto nivel (directivo), patrocinado por el director general o presidente de la empresa, ya que los directivos, coordinados por el director general,

definirán qué se requiere de la empresa (misión), adónde se requiere llevar (visión), y qué se tiene que realizar (análisis del entorno, objetivos estratégicos, estrategias de negocio, y planes a corto, mediano y largo plazos).

La implantación de la organización tridimensional, por afectar la estructura organizacional y a la forma de hacer las cosas, requiere de un cambio más elaborado donde, prácticamente, participa toda la empresa, y donde se necesita una metodología de análisis, diseño e implantación de la nueva estructura y procesos de la empresas, es decir, se requiere de realizar un proyecto de reingeniería.

Conclusiones

La planeación estratégica ya ha sido implementada en muchas empre-

sas grandes y medianas en México; sin embargo, la gran mayoría de las empresas micro y pequeñas aún no lo han hecho.

Toda empresa, sea del tamaño que sea, debe trazar un plan de crecimiento y desarrollo a mediano y largo plazos, si no estará dependiendo de condiciones fortuitas, y casi con seguridad estará condenada a la desaparición.

Por otra parte, la mayoría de las empresas que ya realizan planeación estratégica, siguen trabajando con su misma estructura pesada, rígida, fragmentada e ineficiente, por lo tanto, regularmente no se realizan de manera eficiente sus planes.

La administración eficiente no solo depende del qué hacer (planeación), sino también requiere de un quién y cómo hacerlo (organización) efectivo, por lo que se requiere de un cambio,

igualmente, en esa etapa del proceso administrativo.

La planeación estratégica, sin una organización tridimensional cojea, y eso solo no le alcanza a la empresa para ser competitiva.

Se requiere visualizar y formalizar los procesos; identificar aquellos que proporcionen, de alguna manera, valor al cliente y eliminar los que no lo hagan; eficientar las tareas y su flujo; y guiar los productos de acuerdo con las estrategias de negocio.

La organización, al igual que la planeación, debe basarse en la percepción y análisis del entorno, así como en la misión y visión establecidas. Sólo las empresas que cambien a este nuevo enfoque de administración serán capaces de sobrevivir y crecer en este mundo cambiante.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Certificaciones AMAAC - IMT



- *Laboratoristas en agregados y mezcla asfáltica*
- *Diseñadores de mezcla asfáltica*

Consulta las convocatorias en nuestra página
amaac.org.mx



tecnico3@amaac.org.mx

#Seguridad_HoyParaElFuturo
 "Pavimentos asfálticos que brindan seguridad y confianza".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

#Reciclar_HoyParaElFuturo
 "Pavimentos asfálticos que disminuyen el ruido por rodado y reducen la emisión de CO₂".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

#Invertir_HoyParaElFuturo
 "Las carreteras son patrimonio de México, invertir oportunamente en su conservación es vital para ahorrar mayores costos futuros".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

#Innovar_HoyParaElFuturo
 "A la vanguardia en tecnologías para nuestros pavimentos, juntos por un desarrollo carretero sustentable".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

#Preservar_HoyParaElFuturo
 "Pavimentos asfálticos durables que trascienden en la historia y cuidan nuestro patrimonio cultural".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

#Seguridad_HoyParaElFuturo
 "Pavimentos asfálticos que brindan seguridad al conductor ante los diferentes climas y temperaturas mitigando accidentes por derrape".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

#Innovar_HoyParaElFuturo
 "Pavimentos asfálticos que se integran al entorno y conservan nuestro patrimonio".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.
 A la vanguardia en pavimentos que generan VALOR
 amaac.org.mx

#Seguridad_HoyParaElFuturo
 "Pavimentos asfálticos que aseguran confianza en el traslado de las familias mexicanas".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.
 A la vanguardia en pavimentos que generan VALOR
 amaac.org.mx

#Reciclar_HoyParaElFuturo
 "Disminuir la explotación de material virgen y reducir el consumo energético es parte de la sustentabilidad de los pavimentos".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.
 A la vanguardia en pavimentos que generan VALOR
 amaac.org

#Cuidar_HoyParaElFuturo
 "Los pavimentos están a la vista de todos, cuidemos la calidad de los materiales y los procesos constructivos".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.
 A la vanguardia en pavimentos que generan VALOR
 amaac.org.mx

#Innovar_HoyParaElFuturo
 "A la vanguardia en mejores tecnologías para nuestros pavimentos que impulsan el desarrollo económico de México".
 Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.
 A la vanguardia en pavimentos que generan VALOR
 amaac.org.mx

#Seguridad

#Preservar

#Reciclar

#Innovar

#Invertir

#Cuidar

#EligeAsfalto



TRA SENDA INGENIERÍA, SA DE CV

proyecto + construcción + supervisión



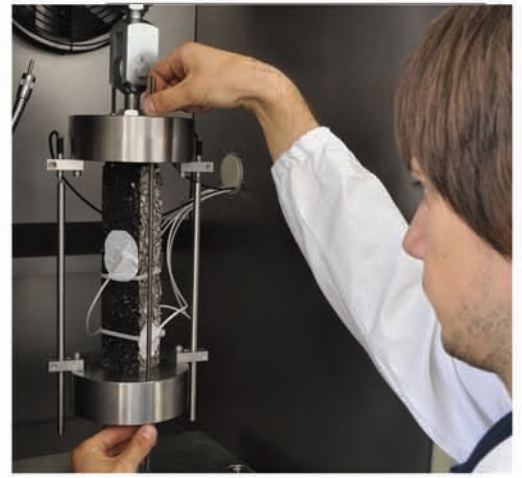
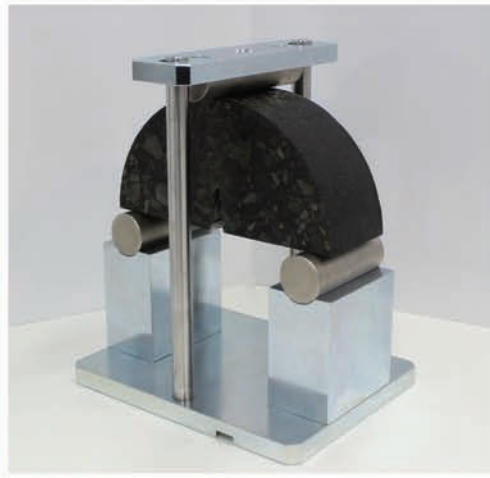
...en el camino

www.trasenda.com.mx

ingenieria@trasenda.com.mx

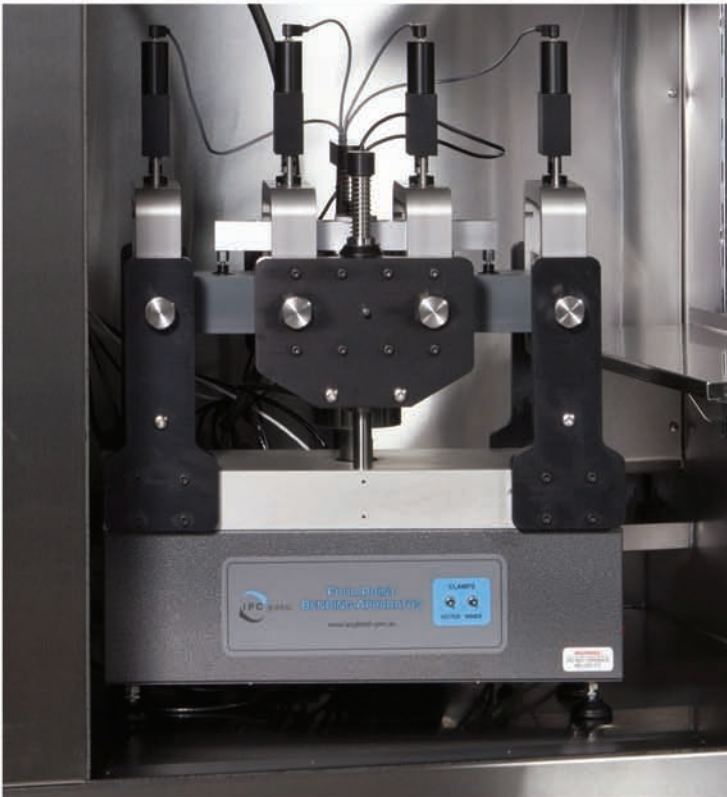
Avenida Guadalupe 5197, Jardines de Guadalupe, C.P. 45030

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



The researcher's choice for advanced asphalt testing equipment.

With 30 years of innovation and research, IPC Global is the world leader in providing researchers with versatile, high quality, accurate and affordable testing solutions for asphalt, soils and unbound pavement materials.



Exclusive Distributor

EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A. DE C.V.
Av. Hacienda 42, Atizapán de Zaragoza (CDMX),
52959, MEXICO

☎ (+52 55) 5532.0799, 5532.0722

✉ info@controls.com.mx

👤 Mr. Alessandro D'Amico

A Member of **CONTROLS GROUP**

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

SOLUCIONES ASFÁLTICAS

GLOBAL MARKETING CORPORATION

SOLUCIONES GLOBALES EN PAVIMENTOS
PRODUCTOS ASFÁLTICOS, ESPECIALIDADES Y
LABORATORIO PARA OBRAS VIALES

HELIX

COMBUSTIBLES
GLOBAL MARKETING CORPORATION



SOLUCIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL
COMBUSTIBLE ALTERNATIVO ECOLÓGICO

VISAL

PINTURAS QUE VIVEN MÁS
DE TRÁFICO Y COMERCIAL

SEAL FLEX

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO

**EL ASFALTO MODIFICADO USADO
EN LOS MEJORES AEROPUERTOS DEL MUNDO.**

HAZLO FÁCIL, HAZLO CON

DOCTOR BACH

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO
ESPECIAL PARA TRATAMIENTO DE BACHES

Petrien

RENTA DE EQUIPOS
PARA APLICACIONES ASFÁLTICAS



DISTRIBUIDOR AUTORIZADO POR:
ErgonArmor
TECHNICAL COATING SOLUTIONS™

RECUBRIMIENTOS EPÓXICOS
PROTECCIÓN TOTAL • 100% ECOLÓGICOS

GMC

GRUPO MULTISERVICIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

CAT 018007171800

www.gmarca.com