

ASFÁLTICA

REVISTA TÉCNICA



- ☞ **La importancia de la conservación en México**
- ☞ **Mitos y realidades de carpetas de alto desempeño diseñadas con protocolo AMAAC en la península de Yucatán**
- ☞ **Ventajas y desventajas del uso de geomallas en vías terrestres**



**EXPERTOS EN
PAVIMENTOS DE
LARGA DURACIÓN**



**TECNOLOGÍA EN PAVIMENTOS Y
MATERIALES ASFÁLTICOS**

Más de
30.000 KM
Construidos con Asfalto
Modificado Stylink^{MR}



matech

Materials Testing Technology

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO
PARA MÉXICO, CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE

VANGUARDIA TECNOLÓGICA. Es tiempo de algo mejor.



PRENSA SERVO-HIDRÁULICA 30 KN,
MÓDULO DINÁMICO NIVEL III



4PB AUTÓNOMO SERVO-NEUMÁTICO,
FATIGA NIVEL IV



RUEDA DE HAMBURGO,
NIVEL II



Hamburg Wheel
Tracker in USA



COMPACTADOR GIRATORIO,
NIVEL I

MATEST PAVETEST

Certificada en ISO 9001
Estricta conformidad
Protocolo AMAAC,
Normas ASSHTO y ASTM

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

Acueducto #5501-03 | La Flor de Nieve
H. Puebla de Zaragoza | 72176 (PUE.)
MEXICO.

T. (+52) 222 503 4653 / 222 503 4654
info@matech.mx

www.matech.mx
www.matest.com | www.pavetest.com

20



AMAAC

años
1997-2017

ANIVERSARIO



Sumario

La importancia de la conservación en México	5
Mitos y realidades de carpetas de alto desempeño diseñadas con protocolo AMAAC en la península de Yucatán	15
Ventajas y desventajas del uso de geomallas en vías terrestres	23
Bases fundamentales de uso de asfalto modificado en pavimentos usando elastómeros de estireno-butadieno	28
Amor, paz y... asfalto	40
Nuevo tratamiento superficial de rápida abertura al tráfico y fácil aplicación	42
Una carta a García	56

Presidente

Raymundo Benítez López

Vicepresidente de construcción

Luis Guillermo Limón Garduño

Vicepresidente técnico

Francisco Javier Moreno Fierros

Vicepresidente de distribución

Juan Adrián Ramírez Aldaco

Secretario

Javier Gutiérrez Cisneros

Tesorero

J. Jesús Martín del Campo Limón

Vocales

Diana Berenice López Valdés

Gabriel Hernández Zamora

Horacio Delgado Alamilla

Jorge Alarcón Ibarra

Luis Eduardo Payns Borrego

Martín Serrano García

Rafael Martínez Castillo

Comisión de honor

Roberto Garza Cabello

Ignacio Cremades Ibáñez

José Jorge López Urtusuástegui

Comisión de vigilancia

Fernando Martín del Campo Aviña

Israel Sandoval Navarro

Hugo Bandala Vázquez

Director General

Jorge E. Cárdenas García

dirgral@amaac.org.mx

www.amaac.org.mx

Diseño y formación

Lizbeth de Lucio



Editorial



Georges Michel

1763-1843

Recibió su primera formación artística con el pintor Leduc. Posteriormente trabajó al servicio de diversos miembros de la nobleza. Tras abrir un estudio por un corto período en 1808, Michel se dedicó a vender muebles y pinturas en una tienda en la Rue de Cléry, en París.

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

Estimados socios y amigos de AMAAC

El año avanza y como siempre la asociación sigue con la divulgación del conocimiento a través de los cursos y seminarios que se imparten en las diferentes sedes propuestas o requeridas por una necesidad especial a cubrir, en el periodo que lleva el Décimo Consejo Directivo se han impartido seminarios de Capas de rodadura en Guadalajara, con el apoyo y participación de la Secretaría de Obras Públicas del Estado y del Centro SCT Jalisco; de Reciclado de pavimentos en las ciudades de León y de San Luis Potosí, en ambos se contó con buena participación por el apoyo de socios locales y de la región; de Emulsiones asfálticas en Morelia el cual apertura el Secretario de Obras Públicas del Estado y participación de CMIC y SCT de Michoacán; con este mismo tema se realizó uno también en Puebla, al cual asistió una persona desde Francia.

Los comités técnicos siguen trabajando para generar documentación que ayude a implementar nuevas tecnologías o a dar una guía que en algún momento sea base de normativa para aplicaciones y técnicas de pavimentación con asfalto en sus diferentes formas, caliente, tibio o frío. Se han realizado dos reuniones una de ellas en León, Guanajuato, donde la empresa VISE demostró nuevamente que es un excelente anfitrión. La más reciente fue en las instalaciones de la Universidad de Las Américas Puebla, destacando las actividades de los comités de Emulsiones y Maquinaria con muy buena actitud y logros en sus proyectos.

Las relaciones inter-institucionales que la asociación mantiene nos han permitido llevar a cabo reuniones con SCT y PEMEX con el objetivo principal que haya una comunicación directa de necesidades y oportunidades para los tres participantes.

Realizamos nuestro X Congreso “Preservar los Pavimentos Asfálticos” en agosto en Cancún, Quintana Roo, que en esta ocasión tuvo además la celebración de los 20 años de nuestra asociación. La Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) en coordinación con AMAAC, y con la participación de AMIVTAC, IMT y AILA, llevó a cabo en el marco de nuestro Congreso, un seminario internacional “Enfoques Globales en Pavimentos Sustentables” los dos días previos. Como siempre, consideramos que desde el punto de vista técnico y organizacional, este magno evento tuvo el éxito deseado. Tuvimos una asistencia de 532 participantes, representando a más de 20 países de cuatro continentes.

La ardua tarea de buscar también el apoyo para la celebración del XX Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto (CILA) en México para el año 2019 nos ha permitido que las Oficinas de Congresos y Visitantes (OCV's) y los gobiernos de algunas ciudades propuestas nos estén ofreciendo sus localidades como sedes potenciales.

Se realizó un ciclo más del Programa AMAAC-IPADE logrando cumplir el octavo año consecutivo con el beneficio a los directivos de las empresas socias.

Nuestro agradecimiento a todos los que dedican un poco de su tiempo y sus recursos para que AMAAC siga con este trabajo y se mantenga en este estatus y la solicitud de seguir apoyando las actividades que realizamos para este segundo año de labores de este consejo.

Raymundo Benítez López
Presidente
Décimo Consejo Directivo

La importancia de la conservación en México

Ing. Luis G. Limón Garduño
SemMaterials México
José de Jesús Espinosa Arreola
SemMaterials México
llimon@semgroupcorp.com

Introducción

La infraestructura carretera representa en gran medida el desarrollo que tienen o que pueden llegar a tener los países, debido al impulso que se genera en el comercio, la industria, así como el acceso a los servicios de desarrollo social. Se estima que la contribución de la infraestructura carretera al Producto Interno Bruto (PIB) de un país oscila entre 5 al 15%, sin embargo, los accidentes que ocurren en carretera pueden llegar a costar hasta un 3% del PIB (PIARC, 2016), aproximadamente 435 mil millones de pesos (MDP) en México si consideramos el PIB para finales de 2016 publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2017).

Históricamente, la conservación de carreteras ha venido evolucionando al pasar de la intervención con base a la experiencia de los encargados de los tramos que actuaban de manera reactiva (Solorio, Hernández, & Garnica, 2017), a llegar a utilizar planes de gestión que permitan optimizar los recursos y conservar el estado físico de la infraestructura carretera.

Mientras que las dependencias del transporte tienen una meta anual de construcción de nuevas carreteras, cada año se suma esa cantidad de kilómetros a la longitud de conservación, que en un corto y mediano plazo tendrán que someter a trabajos de mantenimiento. Esto ha hecho que la conservación de carreteras se vuelva uno de los principales trabajos a ejecutar, el cual representa un reto que afrontan los departamentos de conservación de carreteras de las dependencias.

Una carretera en malas condiciones lleva a tener un elevado número de accidentes. Actualmente, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que mueren alrededor de 1,25 millones de personas al año, debido a accidentes de tránsito en las carreteras (PIARC, 2016).

Bajo este escenario, pensemos en la estrategia de sólo Construir–No conservar–Reconstruir, las consecuencias serían críticas, debido a que el estado físico de los pavimentos se degrada de forma exponencial y de la misma manera aumentan los costos

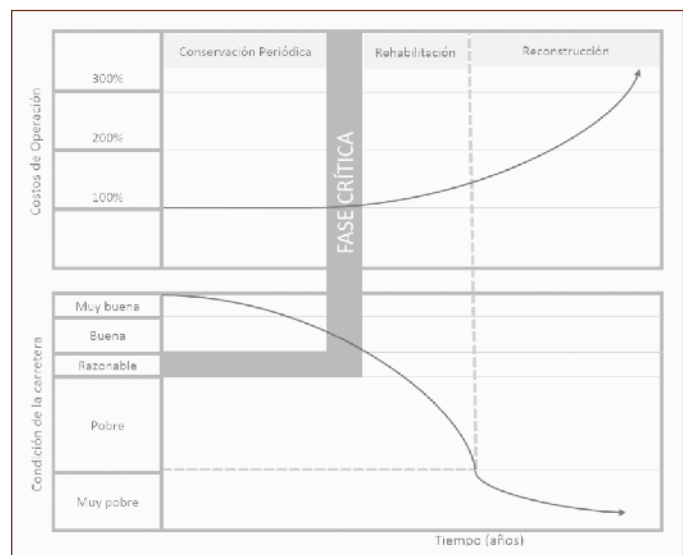


Figura 1. Estado físico de la carretera y costos de operación vehicular con el tiempo.

de operación vehicular (Figura 1), dichos costos asociados al tránsito vehicular sobre caminos en mal estado superficial y aquellos generados en las zonas de trabajo por actuaciones en la estructura del camino. En este sentido, para el primer 75% de la vida útil del pavimento, el nivel de servicio de la carretera se ve reducido hasta en un 40%, sin embargo solo es necesario otro 15% de su vida útil adicional para que vuelva a perder otro 40% de su nivel de servicio (PIARC, 2016). Lo anterior en términos de costos de las dependencias se refleja en incrementar de 4 a 5 veces el costo de rehabilitar el pavimento en lugar de conservarlo.

Con el fin de mejorar el estado superficial de las carreteras, en México se han adoptado los esquemas de las Asociaciones Público-Privadas (APP), Contratos Plurianuales de Conservación de Carreteras (CPCC) y concesiones. Mediante estos esquemas la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), busca elevar la calidad de los servicios de infraestructura carretera, así como incrementar los montos de inversión y optimizar la operación y mantenimiento de carreteras concesionadas, así como

en dependencias de gobierno como SCT y Caminos y Puentes Federales (CAPUFE), se han venido utilizando una serie de propuestas de conservación que ayuden a la optimización de los recursos y permitan extender la vida útil de los pavimentos, considerando el enfoque de conservación de los mismos y del ahorro en los costos generados tanto a la dependencia, concesionaria y usuario.

Implicaciones de tipo técnicas, económicas, ambientales, de seguridad y confort al usuario, engloban las conservación de carreteras por lo que las decisiones tienen repercusiones en distintas áreas de estudio (Figura 2), en este trabajo se abordan algunas de ellas.

Conservación de pavimentos

La conservación de pavimentos contempla el realizar oportunamente las acciones de mantenimiento necesarias para disminuir la tasa de deterioro del pavimento, a diferencia de intervenciones al pavimento en donde se llegan a utilizar acciones de mantenimiento correctivo.

En la conservación de pavimentos también se incluye la utilización de tratamientos de bajo impacto ambiental al menor costo que permitan retardar las actividades de rehabilitación, con lo cual se reducen las emisiones a lo largo del ciclo de vida (FHWA, 2015). Un estudio realizado por Chan, *et al.* (2010), muestra las emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) de varios tratamientos de conservación en una carretera de dos carriles de 7 m de ancho de calzada por cada kilómetro, incluyendo opciones de fresado y mezcla convencional, mezcla tibia (WMA), mezcla con alto contenido de RAP (HIR) y microaglomerado en frío. Como se puede apreciar en la Tabla 1, las intervenciones de rehabilitación demandan un mayor consumo de energía y de emisiones GHG que las actividades de conservación.

Para optar por la estrategia de conservación de pavimentos, una interrogante a responder es ¿qué alternativas de mantenimiento ofrecen el nivel de servicio adecuado para mantener en buenas condiciones el pavimento a mediano y largo plazo?, a continuación se describen las características funcionales de las capas de rodadura más usadas en México que contribuyen a la conservación de pavimentos.

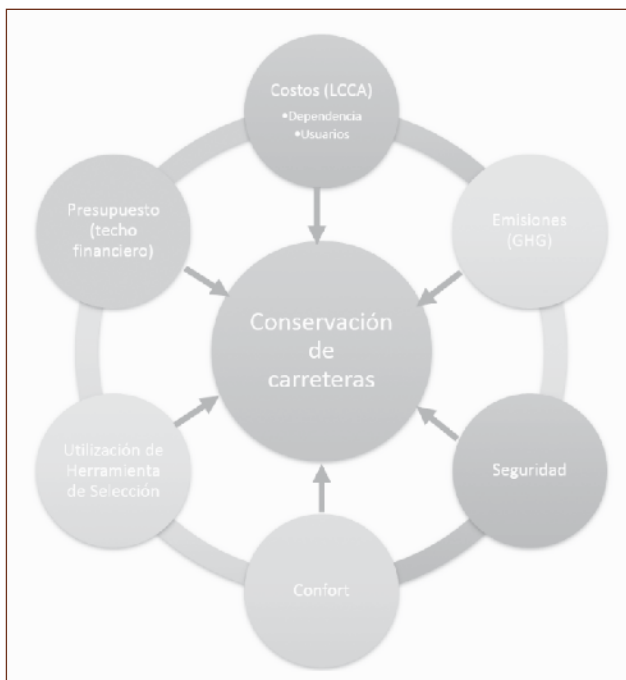


Figura 2. Distintos factores que influyen en la conservación de carreteras.

Tabla 1. Consumo energético y emisiones GHG de varios tratamientos de conservación

Tratamiento	Energía (MJ)	CO ₂ (ton)	NO _x (kg)	SO _x (kg)
Fresado 50 mm, carpeta 50 mm	67,493	3,5	30,7	958
Fresado 50 mm, carpeta 50 mm WMA	47,782	2,0	16,1	671
50mm HIR	56,694	2,7	23,9	747
10 mm Microaglomerado	8,064	0,3	6,4	281

Capas de rodadura

Las capas de rodadura pueden ser divididas en caliente y en frío por su temperatura de elaboración, las cuales presentan ventajas y características funcionales propias de su naturaleza, de los materiales usados, así como del proceso de elaboración y aplicación como se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Capas de rodadura y tratamientos superficiales

Clasificación	Capa de rodadura o tratamiento superficial	Ventajas/Característica funcional	Vida útil (años)
Aplicación en caliente	CASAA	Capacidad drenante, aplicación sincronizada, pronta apertura al tránsito, evita la delaminación, macrotextura adecuada, aplicación diurna y nocturna.	5-8
	SMA	Mayor vida útil, aplicación sincronizada, macrotextura adecuada, aplicación diurna y nocturna.	6-9
	Open graded	Capacidad drenante, evita la proyección de agua, alta fricción, reducción del ruido, Aplicación diurna y nocturna.	4-7
Aplicación en frío o caliente	Sellado de grietas	Evita la intrusión de agua, retarda el deterioro del pavimento.	1-4
Aplicación en frío	Riego de sello sincronizado	Aplicación sincronizada, restablece la fricción, pronta apertura al tránsito.	3-6
	Riego de sello reforzado con fibra	Aplicación sincronizada, reduce el agrietamiento reflexivo, evita la intrusión de agua al pavimento, restablece la fricción.	3-6
	Microaglomerado	Aplicación sincronizada, fricción adecuada, no hay agregado suelto.	3-6
	Sección mixta (Cape seal)	Mejor cubrimiento de agregados, no hay agregado suelto, fricción adecuada, mayor vida útil que los riegos de sello.	4-7

Para la correcta selección de estas capas de rodadura y tratamientos superficiales, algunos de los aspectos a considerar son de tipo técnico y económico.

Para esto es necesario la utilización de alguna herramienta disponible que permita evaluar sus ventajas bajo un mismo escenario.

Selección de capas de rodadura y tratamientos superficiales

Actualmente en México no se cuenta con un programa de gestión de carreteras propio que permita obtener un plan integral de conservación de pavimentos. Lo anterior se puede realizar mediante la utilización del sistema de gestión de desarrollo y mantenimiento de carreteras HDM-4 (Highway Development and

Maintenance Management System), el cual requiere de una gran cantidad de información de la red nacional (inventario de deterioros, características estructurales y funcionales), así como la calibración a condiciones regionales.

En México solo se cuenta con inventarios de deterioros en caminos de primera importancia, en donde se asignan recursos económicos para su monitoreo. En este sentido, cuando se disponga de toda la información necesaria, la mejor alternativa es usar el software HDM-4 para poder establecer el programa de conservación de una red carretera.

Por otro lado, existe una herramienta de selección de tratamientos de conservación desarrollada por el comité de conservación de la Asociación Mexicana de Vías Terrestres (SCT, 2017), mediante la cual, con base en los deterioros del tramo en estudio (adquiridos mediante equipos de alto o bajo rendimiento), se pueden obtener distintas propuestas de mantenimiento con el enfoque de relación Vida Útil/Costo, que ayudan en la toma de decisiones para la selección de tratamientos de conservación de acuerdo a las características de proyectos particulares. Las alternativas de mantenimiento van desde el sellado de grietas, hasta el uso de capas de rodadura, siendo alternativas que buscan prolongar la vida útil y que también corrigen/reparan los deterioros funcionales en los pavimentos. Las propuestas de reparación de deterioros de tipo estructural no están consideradas en esta herramienta en su primera edición. Adicionalmente es necesario cuantificar los costos de los usuarios, los cuales son un factor importante para la selección de la mejor alternativa de las obtenidas con la herramienta de selección en el ciclo de vida de análisis.



Figura 3. Herramienta de Selección de Tratamientos de Conservación de la AMIVTAC, versión 1.3.

Aspectos funcionales

Otro aspecto importante en la selección de las capas de rodadura son sus características funcionales, las cuales juegan un papel fundamental en el nivel de servicio que presta la carretera al usuario; el fin para el cual se diseña un pavimento. En este sentido, las capas de rodadura en caliente cubren mayormente las necesidades funcionales ligadas a una fricción adecuada, precipitación y ruido conjuntamente (Figura 4). Por lo tanto, además de las circunstancias económicas, se debe tomar en cuenta la selección por desempeño funcional.

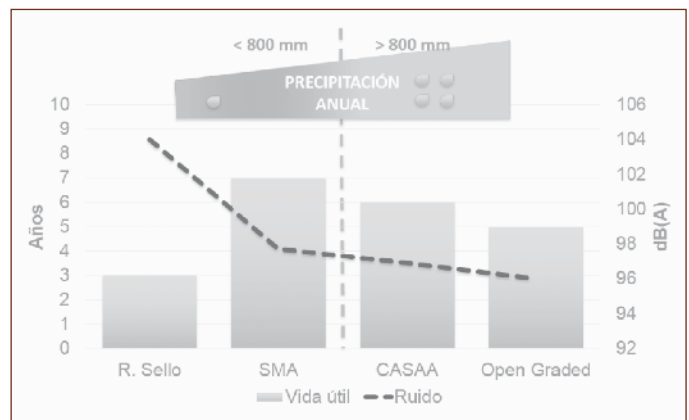


Figura 4. Características funcionales de distintas capas de rodadura.

Análisis del costo de ciclo de vida

Mediante un análisis de costo de ciclo de vida (LCCA, por sus siglas en inglés) se puede valorar de forma cuantitativa los costos que se tienen entre diversas propuestas de conservación dentro de un mismo periodo de tiempo. Esto es, que para diversas soluciones técnicas exista una diferencia económica sustancial en el periodo de análisis, debido principalmente a la durabilidad y costo de los tratamientos.

Existen diversas herramientas disponibles para realizar el análisis de LCCA, tales como el RealCost 2.5 desarrollado por la Federal Highway Administration (FHWA) y el LCCA versión 3.1, desarrollado por la Asphalt Pavement Alliance (APA) (Figura 5). Este software toma en cuenta el procedimiento de la FHWA para los análisis de LCCA y está orientado a la evaluación de los costos de las dependencias y del usuario, mediante los enfoques determinista o pro-

probabilístico (a través de la simulación de Montecarlo), que se generan a partir de las intervenciones que se llevan a cabo en los caminos bajo diferentes alternativas de conservación, como los que se muestran a continuación:

- Costo de la dependencia
 - Construcción inicial, conservación y/o rehabilitación
- Costos de los usuarios (costos de operación)
 - Consumo de gasolina
 - Reducción de la velocidad de operación
 - Retrasos (horas hombre)
 - Filas generadas (mayor costo del viaje)

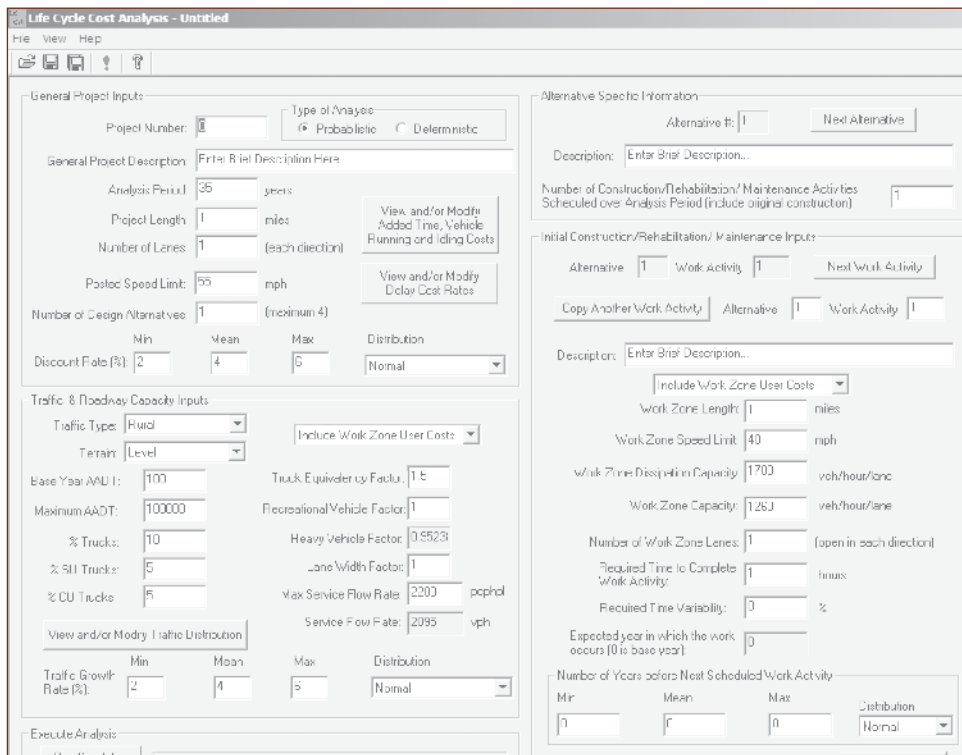


Figura 5. LCCA software, versión 3.1

Los costos del usuario se definen como los costos extras generados a los operadores vehiculares que atraviesan un camino bajo acciones de algún tipo de mantenimiento (Musselman, 2015). Los costos de la dependencia o concesionaria, son aquellos asociados a los materiales, mano de obra y control de tránsito de las distintas actividades de mantenimiento.

Análisis LCCA, caso 1

Mediante el software LCCA 3.1, se realizó el análisis del costo de ciclo de vida de diferentes alternativas de conservación utilizando diversas capas de rodadura en frío y en caliente de los mostrados en la Tabla 2, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- El periodo de evaluación es de 30 años en 1 km de longitud, con ancho de carril promedio de 3.75 m.
- Se tomaron en cuenta las siguientes capas de rodadura:
 - Microaglomerado en frío
 - Riego de sello sincronizado
 - Riego de sello sincronizado reforzado con fibra
 - CASAA (Carpeta Asfáltica Superficial Altamente Adherida)
 - SMA (Stone Mastic Asphalt)
- Se simuló las condiciones de solamente reemplazar las capas de rodadura y mostrar el efecto de elegir solamente algún tipo de ellas.
- Los costos de rehabilitación y/o reconstrucción no están considerados en el análisis.
- Para proyectos de inversión en México, la tasa de descuento utilizada en promedio es de 10% (Solorio, Garnica, Montoya, & Hernández, 2016).

- No se considera el valor de rescate de la estructura de pavimento al final del periodo de análisis.

Se llevó a cabo un primer caso de estudio simulando las condiciones de flujo vehicular de una carretera tipo A4, con un TDPA de 20 000 vehículos, con un porcentaje de vehículos pesados del 15%, en tipo de terreno a nivel (mayormente plano), con una velocidad máxima de 110 km/hr, y velocidad límite en la zona de trabajo de 40 km/hr. También se consideró 1 carril por sentido abierto al tránsito durante las etapas de mantenimiento y jornadas de trabajo diurno de 8 horas. La línea del tiempo de las actuaciones de cada una de las alternativas de conservación únicamente considerando la selección de la capa de rodadura con base en su vida útil se presenta en la Figura 6.

Del análisis de LCCA del caso 1, se obtuvieron los costos en el tiempo de la dependencia y del usuario en la zona de trabajo. Los costos totales son la

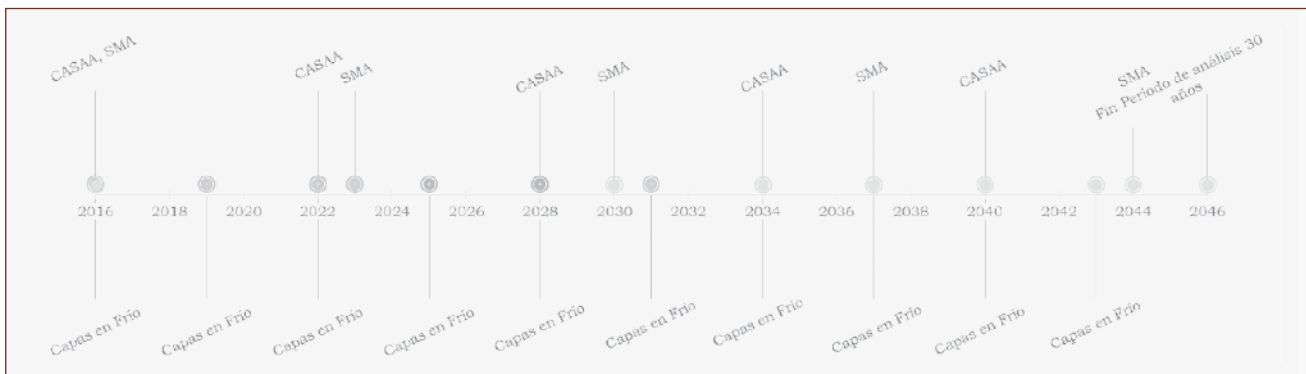


Figura 6. Línea del tiempo de las actuaciones de conservación.

suma de los dos anteriores. En la Figura 7 se puede apreciar que en todo el periodo de análisis, las capas de rodadura en caliente consideradas representan costos mayores para la dependencia, sin embargo para los usuarios representan los menores costos, mediante los cuales, haciendo un balance general se tienen costos totales muy similares hasta el año 17 de cualquier capa de rodadura. Después de 2017, hay un ahorro sustancial en los costos totales, al usar capas de rodadura en caliente respecto a las de aplicación en frío, siendo para el final del periodo de análisis de alrededor de 4 MDP por kilómetro debidas a los costos de los usuarios. De lo anterior

se puede decir que en términos económicos, para este caso a partir del año 17 se justifica el uso de capas de rodadura en caliente. Sin embargo, las características funcionales de las capas de rodadura en caliente y las condiciones particulares del proyecto, pueden ser un factor de gran peso para utilizarlas desde el principio del periodo de análisis, al existir una diferencia no significativa en los costos totales en este primer periodo de tiempo.

Derivado del análisis anterior, se buscó un TDPA bajo las mismas condiciones indicadas, que justifique económicamente en el periodo de análisis el uso de las capas de rodadura en frío consideradas, para

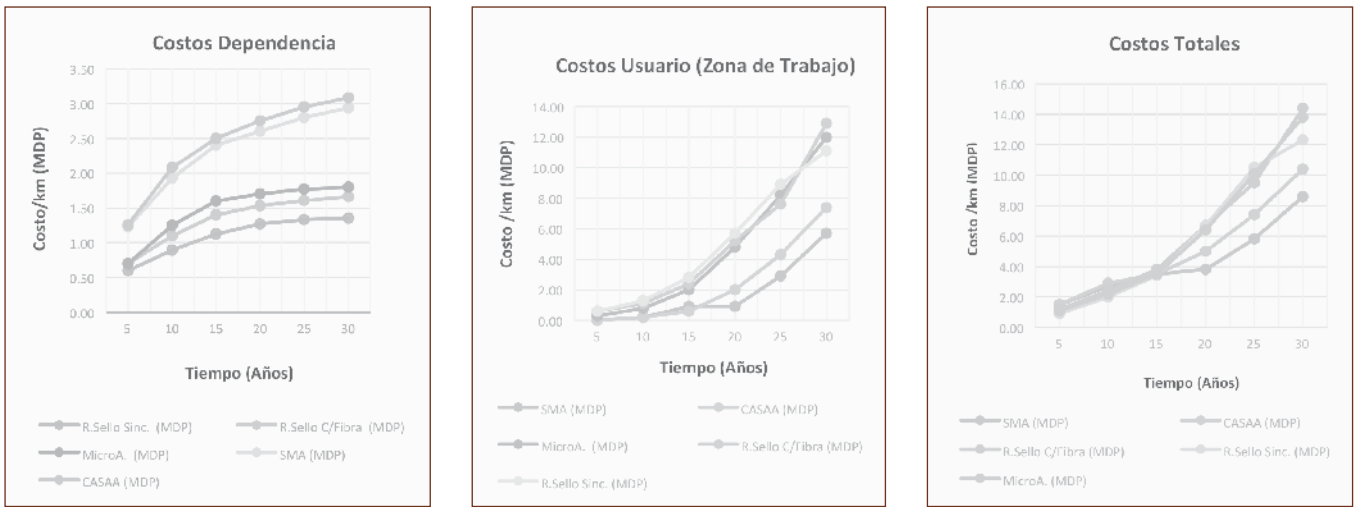


Figura 7. Costos del análisis LCCA, Caso 1, TDPA 20000.

el cual se encontró que con un TDPA de 15 000 vehículos, se alcanzaba esta consideración. La Figura 8 muestra cómo los costos totales son menores para las capas en frío en prácticamente todos los años de análisis hasta llegar al fin del periodo, en el cual comienzan a ser similares para las alternativas en caliente. Por lo anterior podemos decir que para este caso particular de estudio se justificaría económicamente la utilización de las capas de rodadura en frío en todo el periodo de análisis, pero las características funcionales de las capas de rodadura en caliente y condiciones particulares del proyecto pueden ser un contrapeso importante para su selección.

Análogamente se buscó un TDPA para el cual las alternativas de capas de rodadura en caliente sean económicamente viables para el periodo de diseño, y se encontró que para un TDPA de 28 000 vehículos se cumple con esta condición (Figura 9), por lo que para un tránsito igual o mayor a 28 000 vehículos es económicamente viable la utilización de capas de rodadura en caliente desde el inicio del periodo de análisis, teniendo ahorros para el usuario de alrededor de 3.5, 15 y 25 MDP por kilómetro en los años 10, 20 y 30 respectivamente.

De los tres escenarios planteados anteriormente (TDPA de 20 000, 15 000 y 28 000), y para una carretera tipo A4, se pueden considerar alternativas que

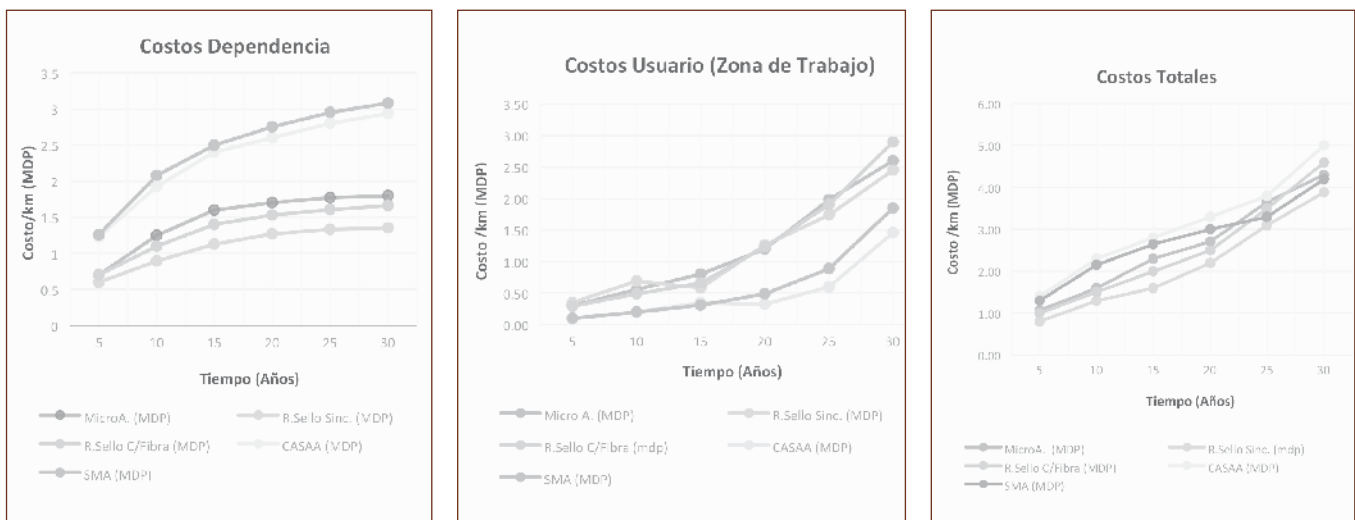


Figura 8. Costos del análisis LCCA, Caso 1, TDPA 15000.



La única planta de contraflujo mexicana... está entre las mejores del mundo.

- ▶ **Fabricación robusta y de gran calidad, para durar muchos años trabajando libre de problemas.**
- ▶ **Adaptada a los difíciles combustibles alternos del mercado mexicano.**
- ▶ **Menor consumo de combustible, el 65% de otras, por:**
 - El sistema de contraflujo.
 - Su quemador de "Aire total" y "Potencia variable".
 - Su precalentador de combustible integrado.
 - Su tambor hermético a entradas de aire frío.
- ▶ **Menor consumo de asfalto al incorporar los finos menores a 15 micrones dentro de la película de asfalto.**
- ▶ **Menor consumo de agregados y de asfalto con su gran capacidad de incorporación de RAP.**
- ▶ **Cumplimiento total de la normatividad de la SCT y los cuatro niveles del protocolo AMAAC.**

- ▶ **Cumplimiento muy sobrado de la más estricta normatividad ambiental SEMARNAT.**
Puede producir en la Zona del Valle de México, en las Zonas Críticas y en el Resto del País.
- ▶ **Mayor duración y menor mantenimiento de las carpetas.**
 - Sin oxidación.
 - Sin segregación.
 - Con excelente reincorporación de finos.
 - Mezcla libre de contaminación por residuos de combustible, gracias a su precalentador integrado.
- ▶ **Mayor captación de clientes por carpetas de menor costo, mayor duración y menor mantenimiento.**
- ▶ **Gran oportunidad de captación de trabajos; tan sólo el 5% de las plantas en México son de contraflujo.**
- ▶ **Con un precio tan sólo 30% mayor que la planta de flujo paralelo.**
... y se puede comprar tan sólo el tambor y aprovechar las tolvas y el tanque que se tenga.
- ▶ **Y con el ya conocido soporte y asesoría TRIASO®.**

Háblenos
para una
plática
ilustrativa

- ▶ Sin ningún compromiso.
- ▶ Nos interesa divulgar estos avances tecnológicos como una aportación a la mejora de las carreteras y el medio ambiente de nuestro país, ¡Somos mexicanos!
- ▶ Bienvenidas las solicitudes de instituciones educativas, órganos de gobierno, agrupaciones civiles e individuos sin interés de compra.

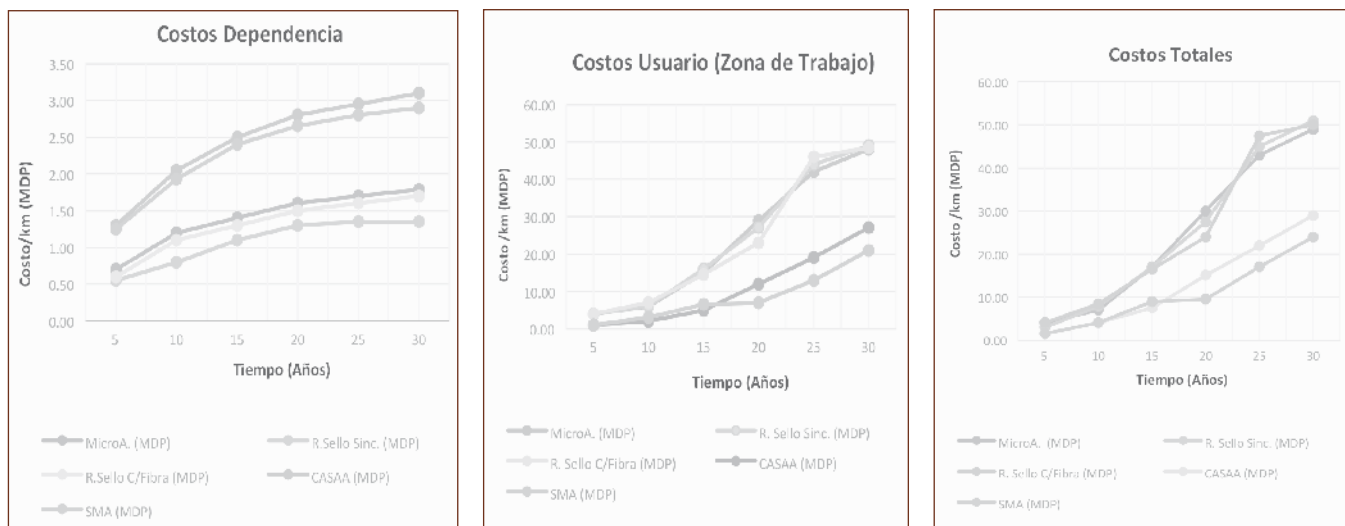


Figura 9. Costos del análisis LCCA, Caso 1, TDPA 28,000.

fácilmente pueden encajar en un esquema de concesión o incluso de corredores carreteros o carreteras federales.

Análisis LCCA, caso 2

Complementariamente se realizó otro análisis de LCCA (caso 2), considerando condiciones vehiculares promedio de la red carretera federal libre y de cuota, así como la red estatal y de acuerdo a los datos viales de la dirección general de servicios técnicos (DGST), para el año 2015 se tenía un TDPA de 6 000 vehículos y un porcentaje de pesados de 20%, además que

la mayor parte de la longitud de la red carretera es de tipo A2. Se utilizó la misma tasa de crecimiento de 4% que el caso anterior, y se consideró un terreno de tipo semi-montañoso, con una velocidad de operación de 90 km/h. Los resultados del análisis se muestran en la Figura 10, en la cual se puede ver que los costos de la dependencia y los costos totales, son mayores para las capas de rodadura en caliente durante todo el periodo de análisis. Esto justifica económicamente la utilización de capas de rodadura en frío en carreteras de tránsito medio y por consiguiente bajo, en estos escenarios los costos del usuario

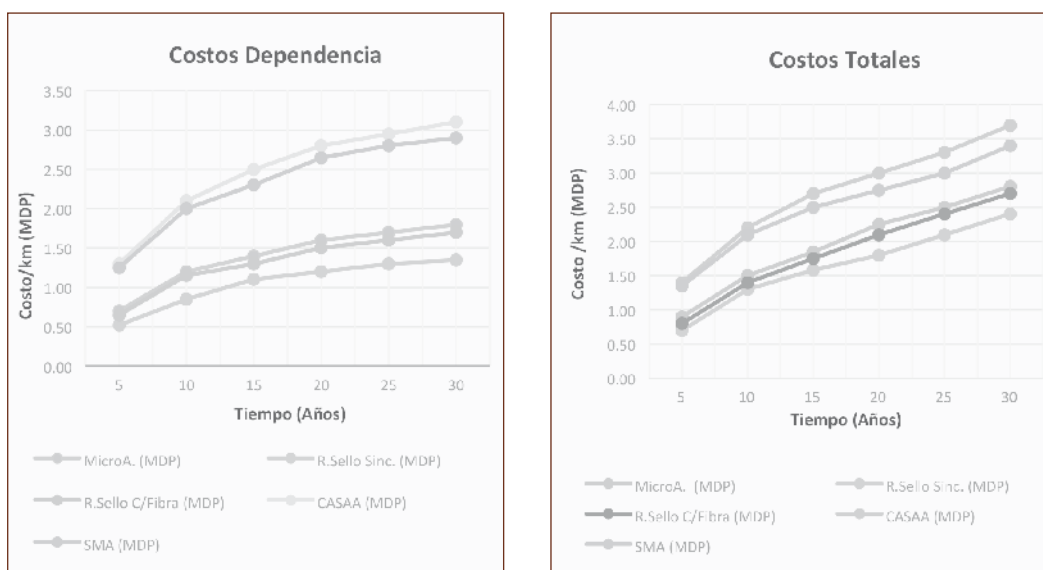


Figura 10. Costos del análisis LCCA, Caso 2, TDPA 6,000.

son menores que los costos de la dependencia. En la medida que se tenga un TDPA mayor al considerado, porcentajes de pesados mayores y/o tasas de crecimiento vehicular altas, el análisis se torna menos favorable para las capas de rodadura en frío. Aspectos funcionales por corregir/mejorar, como el Índice de Regularidad Internacional (IRI) drenaje pluvial en zona de alta precipitación, son factores clave para decidir con base en criterios funcionales y económicos.

Conclusiones

La conservación de los activos carreteros, es una necesidad que debe ser abordada desde distintos puntos de vista tanto técnicos y económicos para poder detonar un desarrollo económico sostenible en el tiempo, todo esto acompañado de presupuestos adecuados a las necesidades actuales que demanda el sistema carretero nacional.

Las decisiones deben ir acompañadas de una evaluación beneficio-costos en el tiempo, en un periodo de análisis dado, para que se pueda justificar la inversión económica de las capas de rodadura empleadas. Consideraciones de tipo ambiental, de seguridad y confort al usuario también deben ser analizadas.

La selección del tipo de capa de rodadura a emplear depende en gran medida del tránsito esperado (tipo de camino), debido a que, para caminos de bajo volumen de tránsito puede que no se justifique en términos del análisis económico de costo de ciclo de vida la inversión en capas de mayor costo, a menos que las diferencias económicas entre ambos tipos de capas de rodadura no sean significativas y puedan tener mayor influencia los aspectos de tipo funcional, o las características particulares del proyecto. Por otro lado, en caminos de medio y alto volumen de tránsito vehicular, es técnica y económicamente viable el uso de capas de rodadura de mayores pres-

taciones y vida útil que se verá reflejado el beneficio en los ahorros a los usuarios por actuaciones más espaciadas en el tiempo.

Es necesario evaluar los costos de operación generados por el tránsito vehicular debido a las condiciones de la carretera en términos del IRI para valorar de forma integral si las propuestas de conservación son viables considerando todos los costos de operación implicados.



¿Quieres profundizar?

- [1] PIARC, 2016. *Conservar las carreteras de su país para fomentar el desarrollo*, s.l.: World Road Association.
- [2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017. *Producto Interno Bruto de México durante el cuarto trimestre de 2016*, Aguascalientes: INEGI.
- [3] Solorio, R., Hernández, R. & Garnica, P., 2017. Gestión de carreteras y HDM-4. *Vías Terrestres*, Marzo-Abril, Issue 46, pp. 12-16.
- [4] FHWA, 2015. *Towards Sustainable Pavement Systems: A Reference Document*, Washington, DC: Federal Highway Administration.
- [5] Chan, S., Lane, B. & Kazmierowski, T., 2010. *Pavement preservation – a solution for sustainability*. Washington, D.C., Transportation Research Board.
- [6] SCT, 2014. *Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México*, México D.F.: Dirección General de Servicios Técnicos.
- [7] SCT, 2017. *Herramienta de Selección de Tratamientos de Conservación*. [En línea] Available at: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/guias-tecnicas/>
- [8] Musselman, M. A., 2015. *A Review of the Alabama Department of Transportation's Policies and Procedures for Life-Cycle Cost Analysis for Pavement Type Selection*. Auburn (Alabama): Auburn University.
- [9] Solorio, J. R., Garnica, P., Montoya, M. & Hernández, R., 2016. *Metodología basada en el HDM-4 para la selección de metas de desempeño en la red federal de carreteras*, San Fandila, Qro.: Instituto Mexicano del Transporte .

Síguenos en redes sociales:



#EligeAsfalto

Mitos y realidades de carpetas de alto desempeño diseñadas con protocolo AMAAC en la península de Yucatán

Ing. Luis Manuel Canepa Villarino
Estudios, Construcción y Servicios de Infraestructura, S.A. de C.V.
lmcanepa@hotmail.com

Introducción

No basta con tener la intención de construir carreteras con mejor calidad, hay que provocar que eso suceda. De inicio se debe dejar de pretextar imposibilidad en alcanzar mejores estándares de calidad, y tomar decisiones y acciones que permitan la consecución de ese objetivo. La forma es conocida, solo es cuestión de voluntad.

En los agregados

Existe la idea equivocada de que en la península de Yucatán, los agregados no tienen la calidad suficiente para realizar mezclas asfálticas de alto desempeño diseñadas con Protocolo AMAAC; sin embargo la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, mediante estudios de bancos recientemente realizados, ha identificado bancos que demuestran lo contrario. Además, en la práctica, se ha comprobado mediante las pocas carreteras que han sido atendidas con mezclas diseñadas con el Protocolo AMAAC, que aun cuando se utilicen materiales que no satisfagan todos los parámetros de calidad, se pueden obtener combinaciones granulométricas que permitan diseñar una calidad de mezcla que cumpla con las pruebas de desempeño establecidas en el Protocolo.

Prácticamente en la totalidad del territorio de la península de Yucatán pueden encontrarse bancos de material con calidad suficiente, aunque en la mayoría de ellos para obtener esa calidad, se requiere de una cuidadosa selección de los estratos de roca dura, un proceso de trituración y cribado adecuado, y en algunos casos se requiere lavar debidamente la arena para eliminar los finos de naturaleza limosa.

Las características constantes que presentan los materiales en el estado de Yucatán son de absorciones que varían de entre 4,5% a 7% y densidades ligeramente menores a las establecidas en la Norma, de ahí en fuera, prácticamente todos los parámetros de calidad cumplen. En los estados de Campeche y Quintana Roo, las calidades cumplen con prácticamente todos los parámetros.

En el estado de Quintana Roo, en lo que se refiere a dureza, los mejores bancos se encuentran en la medida que nos alejamos de la costa.

La realidad es que la verdadera reticencia a poner en práctica el Protocolo, se debe principalmente al temor al cambio; aunque en un estricto análisis, el verdadero cambio, consiste simplemente en apegarse y hacer las cosas como están establecidas en la Normatividad, nada más, pero tampoco nada menos.

De todas la pruebas de calidad establecidas en el Protocolo AMAAC que se realizan a los agregados, las únicas que no están consideradas en la Normatividad SCT son, para el caso del agregado grueso la prueba de desgaste micro-deval, y en el agregado fino la de angularidad; de ahí en fuera, absolutamente todas las demás, ya están consideradas en la mencionada Normativa; en consecuencia, al menos en lo referente a los agregados, la gran diferencia entre el método Marshall y el Protocolo AMAAC, se reduce a dos prueba de calidad, que desde el punto de vista económico son realmente insignificantes. En la Tabla 1 se relacionan los bancos identificados por la Dirección General de Servicios Técnicos en el 2015.

Tabla 1. Bancos de material identificados por la Dirección General de Servicios Técnicos en el 2015 y que cumplen con las calidades para mezclas asfálticas

CAMPECHE	
Nombre del banco	Ubicación
Moyao	Carretera: Escárcega – Champotón, km 24+500 a 600 m d/d
Omega	Carretera: Escárcega – Champotón, km 44+500 a 1000 m d/i
San Fernando	Carr: EC (Sabancuy – Díaz Ordaz)–Reforma Agraria, km 24+000 a 200 m d/i
Moquel	Carretera: Cd del Carmen – Campeche, km 144+850 a 9200 m d/d
Payucán	Carretera: Cd del Carmen – Campeche, km 175+500 a 2000 m d/i
Villamadero	Carretera: Haltunchén – Cayal, km 0+400 a 1500 m d/i

QUINTANA ROO	
Nombre del banco	Ubicación
El 60	Carretera: Escárcega – Chetumal, km 215+100 a 100 m d/d
El 21	Carretera: Escárcega – Chetumal, km 251+000 a 100 m d/d
Calica	Carretera: Reforma Agraria – Pto Juárez, km 281+440 a 1100 m d/i
Vacadilla	Carretera: Ucum – La Unión, km 0+800 a 1500 m d/i
Sabidos	Carretera: Ucum – La Unión, km 18+500 a 1200 m d/d
El Tamarindo	Carretera: Muna – F Carrillo Puerto, km 134+900 a 250 m d/i
Dos Aguadas	Carretera: Muna – F Carrillo Puerto, km 192+000 a 550 m d/d
Betania	Carretera: Muna – F Carrillo Puerto, km 192+500 a 250 m d/d
Tabasquito	Carretera: Mérida – Puerto Juárez, km 309+900 a 1000 m d/d
Chunhub	Carretera: Tulum – Cobá, km 10+500 a 700 m d/d
ABC	Carretera: Dziuché – Tihosuco, km 17+100 a 350 m d/d
Km 10+500	Carretera: Lázaro Cárdenas – Polyuc, km 95+000 a 250 m d/i
El Ideal	Carretera: El Ideal – Chiquilá, km 2+380 a 20 m d/i
El Cedral	Carretera: El Ideal – Chiquilá, km 12+250 a 200 m d/d
San Pedro	Carretera: San Pedro – Esperanza, km 1+300 a 1200 m d/i



NIESTRAS 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)

YUCATÁN	
Nombre del banco	Ubicación
Baag	Carretera: Conkal – Chicxulub Puerto, km 21+200 a 1000 m d/d
Mitza	Carretera: Mérida – Progreso, km 30+000 a 100 m d/i
Trimex	Carretera: Campeche – Mérida, km 148+200 a 800 m d/d
Procón	Carretera: Campeche – Mérida, km 156+000 a 5000 m d/d
Castor	Carretera: Mérida – Puerto Juárez, km 13+800 a 1500 m d/i
Trisesa	Carretera: Mérida – Puerto Juárez, km 28+500 a 3300 m d/d
Xocchel	Carretera: Mérida – Puerto Juárez, km 48+800 a 100 m d/i
Cuncunul	Carretera: Mérida – Puerto Juárez, km 149+000 a 200 m d/i
Cuncunul 2	Carretera: Mérida – Puerto Juárez, km 151+100 a 100 m d/i
Popola	Carretera: Valladolid – Río Lagartos, km 3+800 a 3400 m d/i
Calotmul II	Carretera: Valladolid – Río Lagartos, km 29+600 a 200 m d/d
Matisa II	Libramiento Tizimín, km 3+200 a 100 d/d
San Enrique	Carretera: Mérida – Hunucmá – Celestún, km 13+600 a 800 m d/d
Proroca	Carretera: Mérida – Tizimín, km 12+800 a 600 m d/d
Matelsa	Carretera: Mérida – Tizimín, km 12+000 a 50 m d/d
Dasila	Carretera: Mérida – Tizimín, km 32+800 a 250 m d/i
Km 128+000	Carretera: Mérida – Tizimín, km 128+000 a 100 m d/i
Xaya	Carretera: Mérida – Chetumal, km 87+400 a 200 m d/i
Víctor Cervera	Carretera: Muna – F Carrillo Puerto, km 9+500 a 850 m d/d
Sacalum	Carretera: Muna – F Carrillo Puerto, km 10+350 a 250 m d/i
Salomón	Carretera: Muna – F Carrillo Puerto, km 26+000 a 500 m d/d
Akil	Carretera: Muna – F Carrillo Puerto, km 46+300 a 2800 m d/i
Apsa	Carretera: Muna – F Carrillo Puerto, km 74+200 a 350 m d/i

En el asfalto

Otro de los supuestos inconvenientes para realizar mezclas de alto desempeño mediante el Protocolo AMAAC, es la diferencia entre el costo del asfalto base utilizado en las mezclas Marshall, y el asfalto modificado utilizado en el Protocolo.

Este tema de los asfaltos es un poco más complicado de rebatir, ya que si bien es cierto que el asfalto modificado es entre un 10% y un 15% más caro que el asfalto base (con su consecuente y proporcional aumento en el incremento del costo de la obra), también es cierto que ese aumento se puede considerar aceptable y hasta necesario para tener pavimentos de mejor calidad.

Además, una mezcla diseñada mediante el Protocolo AMAAC, puede realizarse también con asfalto base sin modificadores, ya que el uso o no de un asfalto modificado, dependerá del grado de desempeño (Grado PG) requerido para la obra, lo cual se define tomando en cuenta el clima de la zona geográfica de la obra y la velocidad e intensidad del tránsito.

En resumidas cuentas, la selección del tipo de asfalto requerido para cada obra se define sobre la base de su grado de desempeño y no por la metodología de diseño de la mezcla asfáltica.

¿Qué método utilizar para el diseño de mezclas? ¿Marshall o Protocolo AMAAC?

La Norma N-CMT-4-05-003/08 denominada “Calidad de mezclas asfálticas para carreteras”, indica que para tránsitos mayores de 107 ejes equivalentes de 8,2 toneladas, se requiere un diseño especial diferente al método Marshall; y aunque la mencionada Norma no establece cuál puede ser ese diseño especial, no existe en México un protocolo de diseño más estudiado que el de la AMAAC.

Las principales diferencias entre las mezclas elaboradas con el método Marshall y el Protocolo AMAAC son:

1. El proceso de compactación. Referente a la compactación, el uso del compactador giratorio en la metodología del Protocolo AMAAC, beneficia al

representar de mejor manera las condiciones de la densificación de la mezcla asfáltica en campo; a diferencia de la compactación dinámica que proporciona el método Marshall, la cual pudiera generar densificaciones menores de la mezcla, derivando en una mala determinación del contenido óptimo de asfalto durante el diseño de la misma. La elección errónea del contenido de asfalto óptimo en el diseño impacta en el encarecimiento de las obras de pavimentación durante los procesos constructivos y del control y aseguramiento de la calidad.

2. Evaluación del desempeño. Al no contar el método Marshall con pruebas de desempeño, podría dar lugar a mezclas potencialmente susceptibles a presentar daños prematuros por humedad (formación de baches) y deformaciones permanentes (roderas).

Tabla 2. Carreteras en las que se ha aplicado Protocolo AMAAC en la península de Yucatán

CAMPECHE					
Carretera/Tramo	Banco de materiales	Tipo de asfalto utilizado	Resultado en la prueba de desempeño	Diseño Protocolo AMAAC	Observación
Escárcega – Chetumal 164+000 – 179+000	Km 12+300 Carr: Escárcega-Chetumal	PG 76-22	No satisfactorio	Cumple	Diseño verificado por la Universidad Autónoma de Campeche con núm. de expediente 036/12
Villahermosa – Cd del Carmen 99+800 – 105+000	Km 10+500 Carr: Villahermosa-Cd del Carmen	PG 70-22	No satisfactorio	Cumple	Diseño verificado por la Universidad Autónoma de Campeche con núm. de expediente 036/12
Libramiento Campeche 19-250 – 21+500	Km 20+900 Libramiento Campeche	PG 76-22	Satisfactorio	Cumple	Diseño elaborado por la empresa Desarrollo de Infraestructura Vial, SA de CV, con núm. de Certificación DM IMT/AMAAC 085
Campeche – Mérida 60+500 – 73+500	Km 55+500 Carr: Campeche-Mérida	PG 76-22	Satisfactorio	Cumple	Diseño elaborado por la empresa Desarrollo de Infraestructura Vial, SA de CV, con núm. de Certificación DM IMT/AMAAC 085
YUCATÁN					
Carretera/Tramo	Banco de materiales	Tipo de asfalto utilizado	Resultado en la prueba de desempeño	Diseño Protocolo AMAAC	Observación
Valladolid–F Carrillo Pto 16+000 – 33+000	Tivasa Km 173+000 Carr: Mérida-Pto Juárez	PG 70-22	Satisfactorio	Cumple	Diseño verificado por la Universidad Autónoma de Campeche con núm. de expediente 036/12
Campeche – Umán 192+000 – 210+000	Km 147+500 Carr: Campeche - Mérida	PG 70-22	Satisfactorio	Cumple	Diseño elaborado por la empresa Desarrollo de Infraestructura Vial, SA de CV, con núm. de Certificación DM IMT/AMAAC 085
Mérida – Pto Juárez 48+000-56+000 (cpo A) 44+00-52+000 (cpo B)	Km 48+700 Carr: Mérida–Pto Juárez	PG 70-22	No Satisfactorio	Cumple	Diseño elaborado por la empresa Desarrollo de Infraestructura Vial, SA de CV, con núm. de Certificación DM IMT/AMAAC 085

Experiencias en la península de Yucatán

Desde el 2012 inició en la península de Yucatán la aplicación del Protocolo AMAAC en algunas carreteras; aunque solo se ha diseñado para el Nivel II (a pesar de que de acuerdo a los ejes equivalentes existen tramos que ameritan el diseño para los Niveles III y IV). Pero debe subrayarse que adoptar la política de utilizar por lo menos el Nivel II, hará que mejoren sustancialmente la calidad de los pavimentos en esta región en lo particular, y en todo el país en lo general. En la Tabla 2 se relacionan algunas de las carreteras que han sido tratadas con Protocolo AMAAC.

Es importante observar que el grado de desempeño del asfalto modificado, fue en varios casos un PG 70-22, lo que significa que bien se pudo haber utilizado un asfalto base tipo AC20 sin modificadores, lo que hubiera redundado en los mismos resultados de calidad y a un precio más económico.

En todas las carreteras relacionadas en la Tabla 2, se logró hacer un diseño que cumpliera con el Nivel II del Protocolo AMAAC, sin embargo, las razones por las que los resultados finales de la carpeta fue en algunos casos exitosos y en otras no tanto, se debió a factores diversos que se resumen y comentan a continuación.

Carreteras en las que se logró cumplir con la calidad de proyecto

En aquellas en las que se obtuvieran resultados satisfactorios, las empresas constructoras tenían personal y equipo capacitado, respetaron los parámetros de diseño, nunca cambiaron de materiales, cuidaron de manera profesional sus procesos constructivos y tuvieron en el control de calidad equipo y gente capacitada. ¿Son acaso estas condiciones exclusivas del Protocolo AMAAC? ¿Estas características son imposibles de cumplir y por eso no debe utilizarse el Protocolo AMAAC en la región?

La respuesta a las dos preguntas anteriores es un rotundo No; por lo tanto, el hecho de no haber alcanzado resultados satisfactorios en algunas carreteras no significa que en la península no sea posible construir carpetas mediante el Protocolo AMAAC.

Carreteras en las que los resultados no fueron tan exitosos

En aquellas carreteras en las que no se obtuvieron los resultados esperados, se conjugaron una serie de circunstancias y factores diversos; pero en ningún caso tuvo que ver la calidad de los agregados, ni la de los asfaltos; además como ya se mencionó con anterioridad, los diseños elaborados para estas carreteras indicaban que sí era posible construir la carpeta con el Protocolo AMAAC.

Las fallas se debieron principalmente a negligencias, viejos vicios, apatías, desconocimiento e ignorancia de las empresas tanto constructoras como las encargadas de la supervisión; así como una serie de factores y descuidos en los procesos constructivos que de haberse atendido cabalmente hubieran permitido la consecución de buenos resultados en todas las obras.

Adicional a las situaciones mencionadas en el párrafo superior; en algunos casos las empresas foráneas no establecieron bancos de material propios, ni planta de trituración, dedicándose a adquirir los materiales con los proveedores locales. Estas empresas cambiaron de proveedor en la primera oportunidad de obtener material más barato; lo cual no debió ser un problema por sí mismo, el problema surgió cuando aplicaron el mismo diseño de la mezcla asfáltica (estructura granulométrica y contenido de asfalto) con este nuevo y diferente tipo de material pétreo; en vez de realizar un nuevo diseño.

Otro factor que influyó en los resultados no satisfactorios indicados en la Tabla 2, fue que las empresas encargadas del control de calidad no contaban con el equipo ni el personal capacitado requerido por el Protocolo AMAAC.

Hubo casos, en los que se cumplió con las calidades de los agregados y de los asfaltos, pero hubo confusiones al evaluar los resultados de las probetas en la rueda cargada de Hamburgo; esto se debió a que las dependencias por desconocimiento o negligencia no actualizaron el Protocolo AMAAC con el que se debía realizar el diseño en los trabajos por ejecutar y las especificaciones particulares; y hacían referencia al Protocolo 2008, cuando debieron hacerlo para el del 2013. Y es que los criterios variaron en esta prueba de desempeño en las actualizaciones del Protocolo.

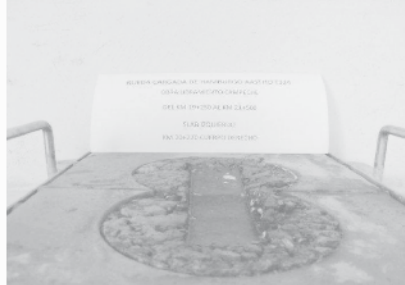
OBRA: CONSERVACION PERIODICA
CARRETERA: CAMPESHE-UMAN
TRAMO: LIM DE EDOS. CAMP./MER.
SUBTRAMO: 192+000 AL 210+300

Comparación entre resultados de la prueba de desempeño de la Rueda Cargada de Hamburgo, a núcleos extraídos en un mismo sustrato; el primero corresponde a trabajos ejecutados de acuerdo al diseño y cuidando los procesos constructivos, y el segundo cuando se cambió de proveedor y no se cuidaron los procesos constructivos



OBRA: AMPLIACION Y MODERNIZACION
CARRETERA: LIBRAMIENTO CAMPESHE
TRAMO: LIBRAMIENTO CAMPESHE
SUBTRAMO: 19+750 AL 21+500

Comparación entre resultados de la prueba de desempeño de la Rueda Cargada de Hamburgo, a núcleos extraídos en un mismo sustrato; el primero corresponde a trabajos ejecutados de acuerdo al diseño y cuidando los procesos constructivos, y el segundo cuando se cambió de proveedor y no se cuidaron los procesos constructivos



OBRA: FRESADO Y CARPETA
CARRETERA: ESCARCEGA-CHETUMAL
TRAMO: LIM EDOS CAMP/O. ROO - CHETUMAL
SUBTRAMO: 179+900 - 198+900

Aspecto general del tramo y resultados de la prueba de desempeño de la Rueda Cargada de Hamburgo en un tramo donde se obtuvieron resultados no satisfactorios



OBRA: RENOVACION Y CARPETA
CARRETERA: VALLADOLID - FRIJOL CARRILLO PUERTO
TRAMO: VALLADOLID - LIM DE EDOS. YUC./Q. ROO
SUBTRAMO: 16+000 - 33+000

Aspecto general del tramo y resultados de la prueba de desempeño de la Rueda Cargada de Hamburgo en un tramo donde se obtuvieron resultados satisfactorios



En el Protocolo AMAAC PA-MA-01/2008 la deformación estaba en función del grado de desempeño del asfalto.

Grado PG superior del asfalto	Mínimo de pasadas para la deformación máxima de 10 mm
PG 64 o inferior	10,000
PG 70	15,000
PG 76 o superior	20,000

En el Protocolo AMAAC PA-MA-01/2011 y PA-MA-01/2013 la deformación está en función del nivel de tránsito.

Nivel de tránsito	Mínimo de pasadas para la deformación máxima de 10 mm
Bajo	10000
Medio	15000
Alto/Muy alto	20000

Donde el nivel de tránsito es:

- Bajo menor a 1 000 000 de ejes equivalentes de 8,2 ton
- Medio de 1 000 000 a 3 000 000 de ejes equivalentes de 8,2 ton
- Alto de 3 000 000 a 30 000 000 de ejes equivalentes de 8,2 ton
- Muy alto mayor a 30 000 000 de ejes equivalentes de 8,2 ton


Conclusiones

Los bancos de material identificados por la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, son enunciativos y no son los únicos que existen en la península de Yucatán; lo que significa que existen materiales con calidad suficiente para ejecutar mez-

clas de granulometría densa de alto desempeño, concluyéndose que, no solo no existe impedimento para llevarlas a cabo, sino que en algunos casos hay obligatoriedad de hacerlo, según lo indica la Norma N-CMT-4-05-003/08 denominada “Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras”.

Una recomendación a las Dependencias encargadas de administrar las carreteras, cuando ejecuten mezclas asfálticas de alto desempeño, es que al llevar a cabo una licitación, se exija en los Términos de Referencia que el contratista presente en su propuesta técnica, un diseño que incluya el tipo de asfalto en función del clima de la zona, y la velocidad e intensidad del tránsito; y para motivar al licitante a que presente un diseño serio, viable y bien elaborado, se debería dar valor de peso a ese diseño, en la puntuación de la evaluación técnica.

A pesar de la creencia de que es más caro construir carpetas mediante el Protocolo AMAAC, la realidad es que a la larga resulta más caro construirlas con el método Marshall; ya que las carpetas construidas con este último método tienen mayores costos de conservación, debido a que los deterioros en el pavimento se presentan con mayor frecuencia y severidad durante la vida útil del pavimento; y además pudieran estar dando mayores contenidos óptimos de asfalto al no simular debidamente la densificación del pavimento.

Es alentador constatar que en la península, y específicamente en el estado de Yucatán, aún se siguen haciendo carpetas con el Protocolo (Quintana Roo ha quedado un poco más rezagado), y aunque no son muchas las carreteras en las que se aplica, el hecho de que se siga utilizando, nos hace ser optimistas respecto a que, en un futuro cercano no sea opcional su utilización, sino que se adopten medidas normativas que obliguen a realizar mezclas de alto desempeño, por lo menos en las carreteras de mayor tránsito. 



Ventajas y desventajas del uso de geomallas en vías terrestres

Alfonso Reyes Juárez
División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería,
Universidad Autónoma de Querétaro
alfonso_reyesDD@outlook.es
María de la Luz Pérez Rea
División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería,
Universidad Autónoma de Querétaro
Pedro Limón-Covarrubias
División de Ingenierías, Universidad de Guadalajara

Introducción

Existe una variada información acerca del concepto de geomalla y su correcta definición, la más detallada la hacen Soto (2009) y Campaña *et al.* (2011) ya que coinciden en que las geomallas son una estructura de filamentos elaborados a base de polímeros y láminas perforadas, alineadas en una, dos o más direcciones, los cuales se van enlazando y revistiendo para formar la configuración de la malla.

Además Díaz *et al.* (2009) y Lizárraga (2013) mencionan que estos elementos como agregado en asfaltos en obras viales cumplen con las funciones de refuerzo, separación, filtración, drenaje; y su resistencia al movimiento tanto en fuerzas estáticas como dinámicas crean un elemento capaz de presentar una característica de rigidez considerable, así como una mejor estabilidad a comparación de un suelo sin ninguna clase de refuerzo, convirtiéndolas en una buena solución a problemas comunes como la fisuración.

Tipos de geomallas

Las geomallas tienen una clasificación bastante definida, en las cuales se cataloga ya sea por su fabricación, aplicación y orientación de su abertura.

Según el tipo de fabricación, las geomallas pueden ser:

- Soldadas: Generalmente fabricadas con hilos o tiras con multifilamento de poliéster recubierto de un polímero que protege al material principal de la acción de los agentes externos en el ambiente y cuyas costillas está unidas a través de termo-fusión (Figura 2).

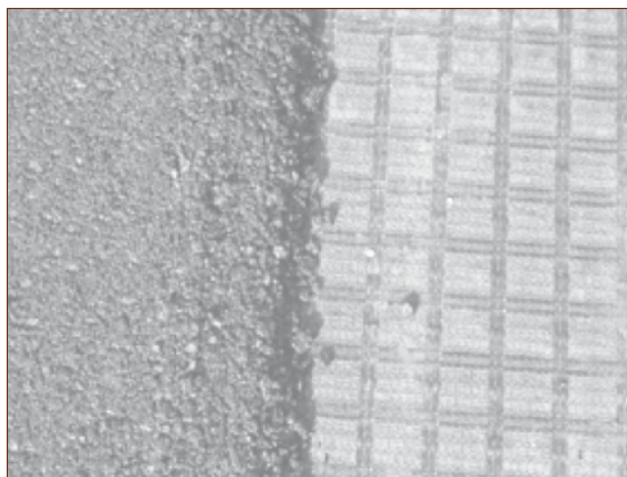


Figura 1. Asfalto reforzado con geomalla.



Figura 2. Geomalla soldada.

- Extruidas: son fabricadas de polipropileno o polietileno de alta densidad a través de la perforación de láminas de estos materiales lo que genera arreglos muy estables en su estructura (Figura 3).

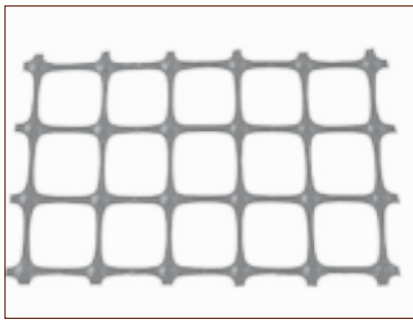


Figura 3. Geomalla extruida.

- Tejidas: están fabricadas con hilos o tiras con multifilamento de poliéster recubiertas de un polímero protector, pero la diferencia con las soldadas es que se conforman entrelazando los filamentos en arreglos perpendiculares en máquinas similares a telares (Figura 4).

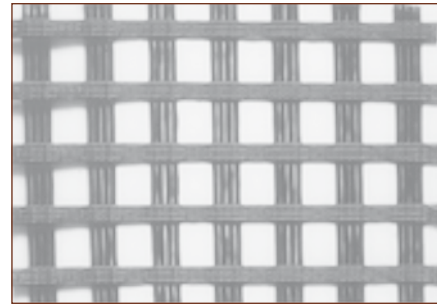


Figura 4. Geomalla tejida.

Por otra parte se encuentran las geomallas de acuerdo a su aplicación y orientación de sus aberturas, las cuales pueden ser; Geomallas uniaxiales o unidireccionales, biaxiales o bidireccionales y multidireccionales (Figura 5), donde si bien es cierto, todas las geomallas son biaxiales ya que tienen resistencia tanto en las costillas longitudinales como en las perpendiculares, sin embargo su clasificación uni, bi o multi direccional es debido a que las geomallas uniaxiales generan la mayor resistencia en la dirección longitudinal y una menor en la perpendicular, mientras que el resto tienen resistencias equilibradas (Holtz *et al.* 1998).

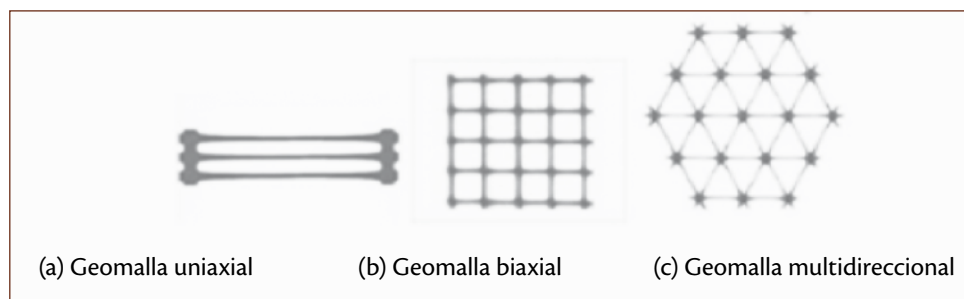


Figura 5. Tipos de geomallas según su aplicación y orientación.

Cancún, México / 21 - 22 de agosto de 2017



Aplicación de geomallas en vías terrestres

Las geomallas como refuerzo son utilizadas en el rubro de las vías terrestres en dos aplicaciones principales a nivel general: *la estabilización de la subrasante y el refuerzo de la base granular.*

De lo anterior siendo más específicos, la aplicación tiene impactos positivos en el ámbito económico, reduciendo volúmenes de movimiento de tierras; en lo técnico, incrementando la vida útil de los pavimentos; en lo ambiental, reduciendo el impacto de la emisión de carbono en las actividades de construcción realizadas con esta tecnología.

A continuación, se hace mención de las aplicaciones que ofrecen las geomallas en el campo de la ingeniería vial:

- Terraplenes para vías (carreteras, pistas en aeropuertos, vías férreas, etc.)
- Refuerzo de suelos blandos
- Refuerzo de materiales granulares
- Refuerzo en pistas de aeropuertos
- Refuerzo de taludes
- Muros mecánicamente estabilizados, en la estabilización de taludes y cimentaciones
- Refuerzo de carreteras pavimentadas y no pavimentadas, proporcionando un incremento de la capacidad de soporte, ya que actúan como barrera que controla la superficie interior de la envolvente de falla de forma que la confina completamente a la capa de base granular, la cual ofrece más resistencia que la sub-rasante y por último ofrece una separación de capas ya que evita que los componentes de la base granular de un pavimento se mezclen con el suelo de la sub-rasante y produzcan una deformación.

Angelone *et al.* (2006), Morea (2011), Moreno (2011) y Valdés *et al.* (2012) concuerdan que la constante circulación de vehículos sobre la carpeta asfáltica ha provocado en ellas la aparición de grietas o fisuras comúnmente llamadas fallas por fatiga y ahuellamiento, siendo estos los problemas de mayor frecuencia y las causas que los originan son diversas, como tal las cargas aplicadas sobre el pavimento, filtraciones de agua en la estructura, así como las altas temperaturas a las que se ve afectado (Perraton *et al.* 2010). Además, Ramírez (2001) menciona que

estos deterioros en el pavimento asfáltico, afectan las propiedades que relacionan esfuerzo y deformación, generando un complicado análisis del actuar de este tipo de pavimentos.

De lo anterior, en la mayoría de las conservaciones o rehabilitaciones de carreteras, sólo se realizan trabajos en la zona de la carpeta asfáltica, solución que no ha resultado del todo factible ya que se dejan las capas granulares sin ninguna intervención (Figura 6).




Figura 6. Carpeta asfáltica degradada derivada de un mal mantenimiento y agentes externos.

Es por ello que según García *et al.* (2006) y Mateos *et al.* (2009), muchas de las nuevas propuestas tienen que ver con el uso de mejores estructuras en las mezclas asfálticas, las cuales resistan el agrietamiento y sirvan como reductor de esfuerzos a las capas granulares. A este respecto Botasso *et al.* (2008) menciona que la aplicación y utilización de materiales de alta gama como lo son las geomallas responden en forma efectiva a las problemáticas de las distintas obras de la ingeniería vial.

De estas evidencias se puede mencionar que la geomalla es el geo-sintético de refuerzo por excelencia, ya que a diferencia de un geotextil que también puede reforzar el suelo, su ventaja ante este último radica en el mecanismo de transferencia de carga: mientras el geotextil lo hace mediante fricción, la geomalla genera una trabazón con el suelo que confiere a esta combinación las características propias de una capa mecánicamente estabilizada y un comportamiento superior cuando se somete a las cargas actuantes en un pavimento. Por lo tanto, ayudan a mejorar la vida de la carpeta asfáltica, reducen esfuerzos y retardan el agrietamiento.

Conclusiones

El uso de geomallas en sus diversas categorías como refuerzo en suelo, concreto asfáltico y aplicaciones en las vías terrestres, resulta favorable ya que ofrecen una serie de ventajas que los hacen atractivos en cuanto a su bajo costo, resistencia, durabilidad, fácil instalación y reducción en los costos de mantenimiento, permitiendo generar proyectos de ingeniería que proporcionen mejores condiciones en el sistema constructivo y a su vez estas brinden un excelente bienestar social. Sin embargo, puede que solo exista un inconveniente en cuanto al tema de la geomalla se refiere, ya que no existe un estudio tan específico o análisis que avale su buen comportamiento y mejora al ámbito constructivo y así respalde lo anterior expuesto en este artículo y así de más seguridad al constructor. 

¿Quieres profundizar?

- Angelone S., Martínez F., Santamaría E., Gavilán E. y Cauhapé M. (2006). Deformación Permanente de Mezclas Asfálticas. Reporte Técnico RT-ID-06/02. 1-67.
- Botasso G., Fensel E. y Delbono L. (2008) Caracterización de geo-sintéticos en virtud de su función principal en la obra vial. CONAMET. Chile. 1-9.
- Campaña J., Mata W. y Mendoza X. (2011) Los Geo-sintéticos Aplicados a Obras de Pavimento Flexible (Tesis de maestría). Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Ecuador. 126 p.
- Díaz J., Escobar O. y Olivo E. (2009). *Aplicación de los geo-sintéticos en la estructura de los pavimentos y en obras de drenaje para carreteras*. (Tesis de maestría). Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de El Salvador. 456 p.
- García S., García C., Buisson J., Cortés C. y Potti J. (2006). Pavimentos de larga duración. VII Congreso Nacional de Firmes. Avila, España.
- Gu J. (2011). Computational Modeling of Geogrid Reinforced Soil Foundation and Geogrid Reinforced Base in Flexible Pavement, 221 p.
- Holtz, R.D., Christopher, B.R. and Berg, R.R. (1998). "Geosynthetic Design and Construction Guidelines", U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, FHWA-HI-98-038, 460 p.
- Lizárraga J. (2013) *Diseño y Construcción de Pavimentos Flexibles Aplicando Geo-mallas de Polipropileno como Sistema de Reforzamiento Estructural* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 200 p.
- Mateos A., Marrón J. y Pérez J. (2009). Firmes de larga duración. Revista Ingeniería Civil. (155) 49-51.
- Morea F. (2011). Efecto de la reología de los asfaltos, la temperatura y las condiciones de carga: Deformaciones Permanentes en Mezclas Asfálticas (Tesis de maestría). Departamento de Construcciones. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de la Plata. 155 p.
- Moreno M. (2011). Efecto de la presencia de humedad en el comportamiento de mezclas asfálticas sometidas a ensayo de rueda de carga (Tesis de maestría). Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 140 p.
- Perraton D., Di Benedetto H. y De la Roche C. (2010). Rutting of bituminous mixtures: Wheel tracking tests campaign analysis. Materials and Structures.
- Ramírez J. (2001) Tratamiento de fisuras en carpetas asfálticas. Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Instituto de la Construcción y Gerencia. Perú. 1-3.
- Soto H. (2009) *La aplicación de geo-sintéticos a terraplenes*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F. 1-76.
- Valdés G., Pérez F. y Calabi A. (2012) La fisuración en pavimentos asfálticos y sus mecanismos de deterioro. Revista Científico Tecnológica Departamento Ingeniería de Obras Civiles. Vol. 1. 27-36.

Bases fundamentales de uso de asfalto modificado en pavimentos usando elastómeros de estireno-butadieno

Gabriel Hernández Zamora
Grupo Dynasol
gabriel.hernandez@dynasol.com

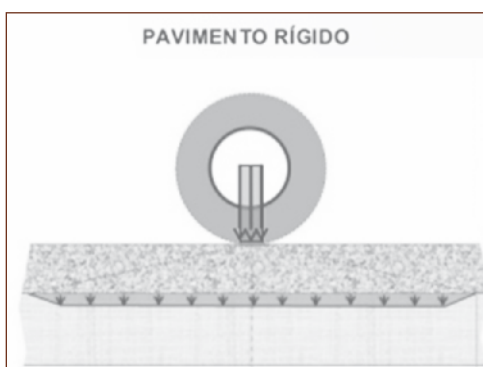


Figura 1. Extensión e impacto de la deformación en un pavimento rígido

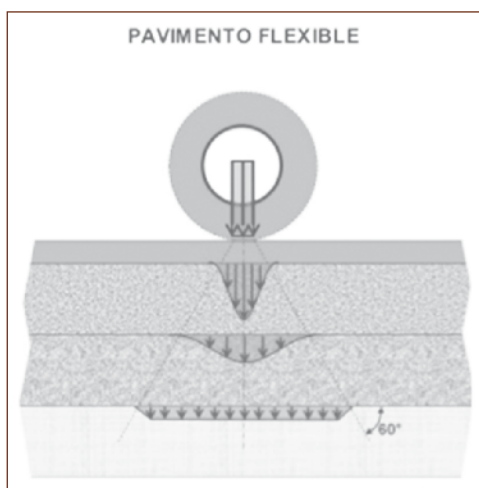


Figura 2. Extensión e impacto en la deformación en un pavimento flexible.

Introducción

Durante años, antes de la incursión de los asfaltos modificados con polímeros se pensó que la resistencia estructural de un pavimento asfáltico se veía fundamentada en soportar la carga vehicular, de la misma forma como se diseña un pavimento rígido o de concreto (Figura 1).

Las losas de concreto normalmente son de 40 centímetros, diseñadas para soportar cargas muy altas. Pero cuando se rebasan dichas cargas la fractura de la losa se lleva de una forma extendida en toda la losa, con mayores o menores extensiones de las grietas.

En el caso de los pavimentos flexibles o asfálticos, el comportamiento de la deformación del pavimento y su extensión es diferente, la Figura 2 presenta este fenómeno.

Como se puede observar en esta Figura 2, la extensión de la deformación en el pavimento flexible es menos extensa en la capa de rodadura y va creciendo en las diferentes capas inferiores. Si pensamos en las fracciones¹ que integran al pavimento asfáltico básicamente se fundamenta en el agregado pétreo, la fracción asfáltica (virgen o modificada); y, un cierto nivel de vacíos, como se indica en la Figura 3, donde el agregado pétreo es una fase rígida.

Por lo que desde un punto de vista práctico es en la fase asfáltica donde se pueden mejorar las propiedades para reducir la extensión de la deformación que sufre el pavimento flexible debi-

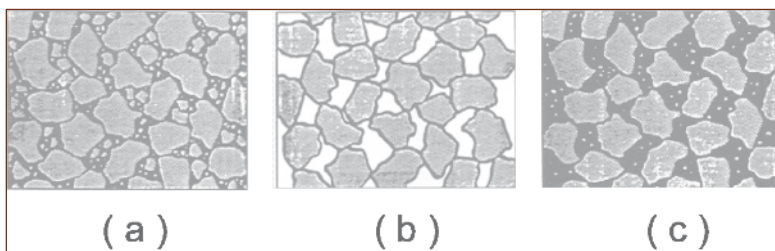


Figura 3. Esquema de diferentes composiciones de pavimentos.

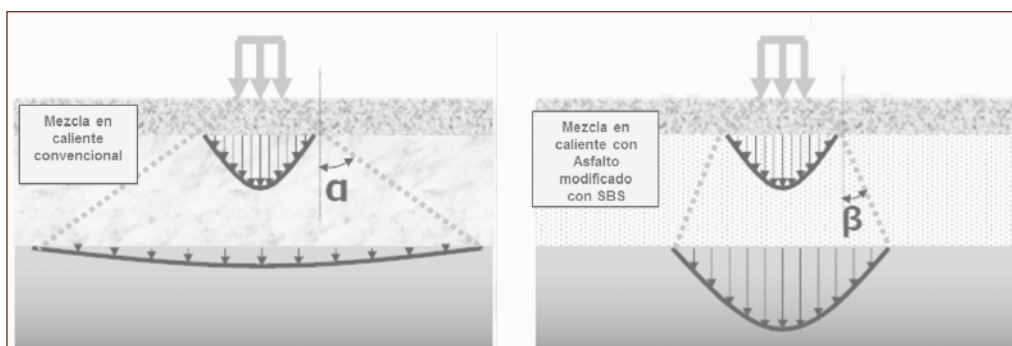


Figura 4. Reducción de la amplitud de la deformación mediante el uso de asfalto modificado con SBS.

do al tráfico. Es en esta fase donde el uso de polímeros como los elastómeros de SBS permite reducir la amplitud de la deformación (Figura 4).

Una de las características principales por las cuales se permite tener esta característica de reducción de la extensión de la deformación es la combinación de rigidez con recuperación elástica.

La recuperación elástica es la capacidad que tiene el material para restablecerse de la deformación. Los materiales rígidos se van deformando y no recuperan (como el concreto o el pavimento asfáltico no modificado); sin embargo, los pavimentos asfálticos modificados con polímero se deforman y vuelven a su estado original mientras se mantenga el diseño adecuado para el volumen de carga permitido (peso por unidad de tiempo y clima de diseño).

Este trabajo presenta la relevancia de la recuperación elástica y el entendimiento de parámetros reológicos que permiten la adecuada durabilidad de un pavimento flexible.

Desarrollo

La norma² mexicana N-CMT-4-05-002/06 sobre característica de los materiales asfálticos modificados indica las siguientes especificaciones de control de la Tabla 1.

Una primera propuesta de cambio y mejora a esta norma está en el parámetro conocido como módulo de corte reológico, comúnmente expresado como $G^*/\text{seno } \delta$, donde G^* representa al módulo complejo o rigidez de asfalto y el seno de la letra griega “delta” representa la deformación del material medida mediante un ángulo teórico que presenta valores muy cercanos a 90° cuando el asfalto no está modificado, y entre 0 y 90° cuando se modifica. A medida que el ángulo se acerca a los 0° se hace referencia a un asfalto altamente elástico que se recupera de toda deformación.

La norma solo mide este parámetro reológico en la condición de asfalto envejecido por horno de película rotatoria delgada (RTFO por sus siglas en inglés), pero la norma americana Superpave del cual es el origen de referencia, exige que el parámetro sea medido también en la condición de asfalto original, considerando que dicho módulo de corte reológico en ambas condiciones presenten valores equivalentes de temperatura de falla, de lo contrario se elige la menor de estas temperaturas. Lo anterior es importante porque la calidad de los asfaltos ha venido cambiando³ en los últimos 10 años siendo más remarcada en los últimos cinco,

TODA HISTORIA MERECE GRANDES OBRAS



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

VISE



INFRAESTRUCTURA • CONCESIONES • MEDIO AMBIENTE



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



CONGRESO MEXICANO DEL ASFALTO

Nuestra prioridad: **Preservar los pavimentos asfálticos**

Tabla 1. Propiedades principales de los asfaltos modificados

Características	Tipo de cemento asfáltico (Tipo de modificador)				
	AC-5 (Tipo I o II)	AC-20 (Tipo I)	AC-20 (Tipo II)	AC-20 (Tipo III)	AC-20 (Hule molido)
Del cemento asfáltico modificado:					
Viscosidad Saybolt-Furol A 135 °C s máximo	500	1000	1000	1000	---
Viscosidad rotacional Brookfield a 135 °C; Pa s, máximo	2	4	3	4	---
Viscosidad rotacional Brookfield (tipo Haake a 177 °C; Pa s, máximo)	---	---	---	---	7
Penetración:					
• A 25 °C, 100 g, 5 s; 10 ⁻¹ mm, mínimo	80	40	40	30	30
• A 4 °C, 200 g, 60 s; 10 ⁻¹ mm, mínimo	40	25	25	20	15
Punto de inflamación Cleveland; °C, mínimo	220	230	230	230	230
Punto de reblandecimiento; °C, mínimo	45	55	55	53	57
Separación, diferencia anillo y esfera; °C, máximo	3	3	3	4	5
Recuperación elástica por torsión a 25 °C; %, mínimo	25	35	30	15	40
Resiliencia, a 25 °C; %, mínimo	20	20	20	25	30
Del residuo de la prueba de la película delgada, (3.2 mm, 50 g):					
Pérdida por calentamiento a 163 °C; %, máximo	1	1	1	1	1
Penetración a 4 °C, 200 g, 60 s; 10 ⁻¹ mm, mínimo	---	---	---	---	10
Penetración retenida a 4 °C, 200 g, 60 s; %, mínimo	65	65	65	55	75
Recuperación elástica en ductilómetro a 25 °C; %, mínimo	50	60	60	30	55
Incremento en temperatura anillo y esfera; °C, máximo	---	---	---	---	10
Módulo reológico de corte dinámico a 76 °C (G*/sen δ): kPa, mínimo	---	2,2	2,2	2,2	2,2
Módulo reológico de corte dinámico a 64 °C (G*/sen δ): kPa, mínimo	2,2	---	---	---	---
Ángulo fase (δ) [visco-elasticidad] a 76 °C; ° (grados), máximo	---	75	70	75	---
Ángulo fase (δ) [visco-elasticidad] a 64 °C; ° (grados), máximo	75	---	---	---	---

debido a que el residuo asfáltico que se obtiene es cada vez menos aromático y más resinoso o también rico en asfaltenos, muchas veces estos asfaltos se fluxan con aceites ligeros que se pierden cuando son envejecidos por RTFO, perdiendo la buena viscosidad observada en la condición de asfalto original. Muchas veces cuando se mide el módulo de corte reológico en el estado original del asfalto (no envejecido) no llega a cumplir el desempeño reológico para el grado PG positivo en cual se diseña, particularmente cuando se añade poco polímero para modificar el asfalto para alcanzar dicho grado de diseño con el fin de optimizar costos.

Otras veces, estos asfaltos rígidos no se fluxan, con el tiempo pierden elasticidad y una vez que se rebasa la resistencia máxima de carga se fracturan generando grietas en los pavimentos.

En algunos estudios hechos combinando asfalto extraído de bancos de RAP del almacén de Tampico, Tamaulipas y combinando dicho asfalto extraído con asfalto virgen EKBE PG 64-22 y asfalto modificado PG 76-22, se observa que el módulo de corte

reológico es un buen parámetro para seguir el incremento de la rigidez del asfalto, como se indica en la Figura 5. En esta Figura se observa también que el impacto de la composición del asfalto se refleja no solo en el asfalto convencional sino también en el asfalto modificado con SBS.

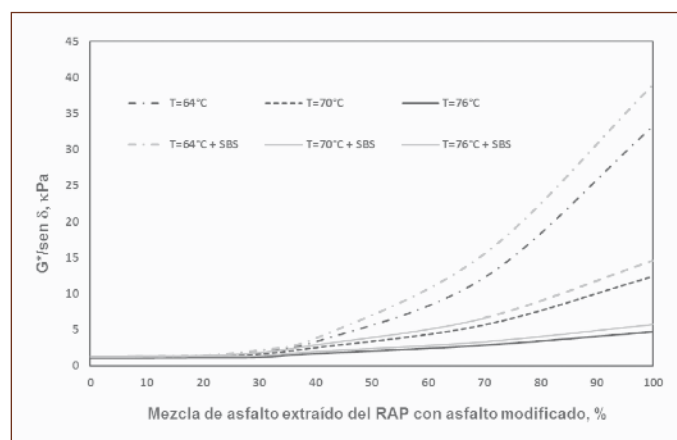


Figura 5. Seguimiento a la evolución de la rigidez del asfalto mediante combinación de asfalto extraído de RAP y modificado con SBS.

No obstante, pese a que un asfalto tenga valores de módulo de corte reológico altos no necesariamente garantiza durabilidad adecuada. Por ejemplo, en la siguiente Figura 6, se hicieron combinaciones tanto en asfalto convencional como de asfalto modificado con SBS con fracciones de asfalto extraído de RAP (pavimento asfáltico reciclado).

Como se puede ver como a pesar de que el grado PG positivo se mejora (implícitamente mejores y mayores módulos de corte reológico), el valor de PG negativo se ve afectado, fundamentalmente porque el asfalto se va volviendo rígido y a bajas temperaturas esta rigidez se incrementa aún más, convirtiendo al asfalto en un material frágil.

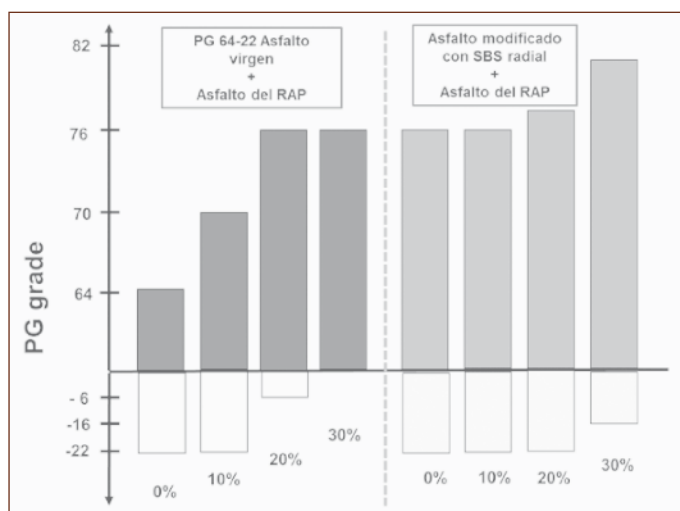


Figura 6. Impacto del incremento de rigidez del asfalto en el grado PG negativo.

El grado PG negativo está asociado a tres conceptos en la vida útil del asfalto utilizado en el pavimento, estos son:

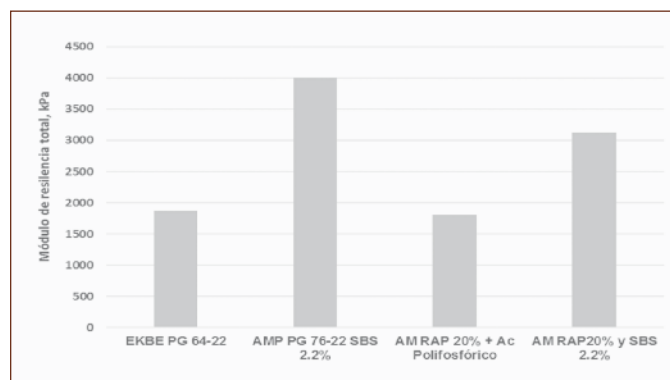
1. Mantenimiento de sus propiedades elásticas a la temperatura ambiental más baja para la que es diseñado, teniendo en cuenta que la norma Superpave suma 10 °C hacia abajo en la temperatura negativa, del grado que se determina a nivel laboratorio por envejecimiento PAV, y reometría por DSR y BBR. Es decir, si hablamos de grado PG -22, estamos partiendo de un grado de temperatura de -12 °C.
2. Resistencia a la aparición de grietas asociadas a fatiga por gradientes térmicos. Es decir, en lu-

gares donde puede haber variaciones de temperatura grandes (más de 10 °C) durante el día y la noche (lugares desérticos, climas de altura o montaña, etc.).

3. Durabilidad del asfalto manteniendo sus propiedades adhesivas, evitando el desgranamiento del agregado pétreo.

La norma N.CMT.4.05.004/008 Calidad de materiales asfálticos grado PG, establece para los diseños de pavimentos de la república mexicana grado PG negativo de -22 °C. En la sección D de “requisitos de calidad para cementos asfálticos grado PG”, en su párrafo D3 establece el cumplimiento no solo de la norma mencionada aquí, sino también la N-CMT-4-05-002/06 cuando se exija el uso de un asfalto modificado.

El reforzamiento del asfalto mediante el módulo de corte reológico no necesariamente garantiza el desempeño óptimo del ligante en la mezcla en caliente donde se emplea. Por ejemplo, en la Figura 7 se observa que asfaltos utilizados que cumplen con dicho módulo después de RTFO, como la mezcla donde se combina 20% de asfalto extraído de RAP y ácido polifosfórico (AM RAP 20% + Ac Polifosfórico), no presenta el mismo módulo que un asfalto modificado y prácticamente se comporta como un asfalto original EKBE PG 64-22.



Parámetro	EKBE 64-22	AMP PG 76-22 SBS 2.2%	AM RAP 20% + Ac Polifosfórico	AM RAP 20% y SBS 2.2%
C*/seno δ a 76 °C, Edo. Original, kPa	0,432	1,1123	0,965	1,088
C*/seno δ a 76 °C, Edo. RTFO, kPa	0,476	2,331	1,863	2,201
Módulo de resiliencia total, kPa	1870	4003	1810	3125

Figura 7. Módulo de resiliencia total en mezclas en caliente.

Las mezclas en caliente fueron realizadas manteniendo el mismo contenido de ligante asfáltico de 5.5% peso/peso, un agregado de tipo calizo con granulometría controlada Superpave.

Lo anterior nos hace pensar que existen otras variables que influyen en el desempeño de la mezcla asfáltica adicional al reforzamiento. Una de ellas es la recuperación elástica que se obtiene en los asfaltos modificados.

La recuperación elástica por torsión (RET) y la recuperación elástica por ductilómetro (RED), son algunos de los métodos utilizados para simular la recuperación de la deformación que sufre el asfalto, como se muestran en la Figura 8. Cuando circula tránsito vehicular por un pavimento asfáltico, la deformación que propician los neumáticos a la capa de rodadura ocurre en múltiples direcciones, por ello resulta conveniente medir ambos parámetros en el asfalto que será utilizado.

La norma mexicana N-CMT-4-05-002/06 pide se mida la RET a 25 °C en el asfalto original y la RED a 25 °C en el asfalto envejecido por RTFO. Para asfaltos tipo 1 modificados con elastómeros pide un valor de RET de 35% y un valor de RED después de RTFO de 60%.

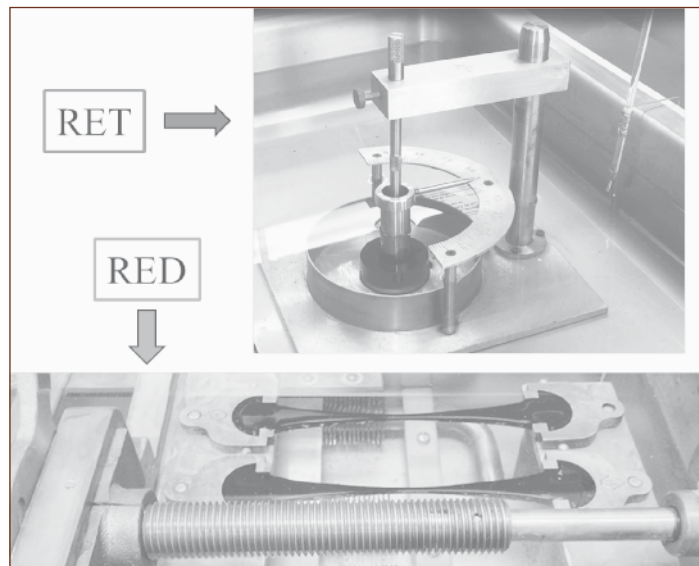


Figura 8. Recuperación elástica por torsión (RET) y por ductilómetro (RED).

La medición de RET prácticamente no se utiliza en las especificaciones de Estados Unidos, pero sí en España y países de Centro y Sudamérica, solo que la exigencia es mayor; por ejemplo, en Centroamérica se requieren valores a 25 °C mayores a 70%, mientras que en México se piden valores de este parámetro entre 35 y 40%. Lo mismo ocurre con la RED, mientras en México se piden valores de 60% a 25 °C, en Brasil el mínimo después de RTFO es de 80%.

Otra propuesta de mejora en la normativa mexicana, sería medir la RET tanto a 25 °C como a una menor temperatura, por ejemplo 10 °C, para asegurar que las propiedades elásticas del asfalto modificado se mantienen.

Dentro de la variedad de polímeros⁴ que existen, los elastómeros de estireno butadieno ofrecen las mejores recuperaciones elásticas por torsión aún a bajas temperaturas como se observa en la Figura 9 medidas a 10 °C con asfaltos modificados

con 2,2% peso/peso de polímero partiendo de un asfalto EKBE PG 64-22. Particularmente los elastómeros radiales de alto peso molecular. En este tipo de pruebas los elastómeros que presentan mayor afectación en la recuperación elástica son los plastómeros como el EGA o el polipropileno atáctico (APP).

Sin embargo, una de las objeciones que se hacen tanto al método de torsión como al de ductilidad es que no se simulan cargas repetidas, ya que solo es un solo esfuerzo de deformación. Por ello, en Estados Unidos los estudios de esfuerzo de corte con car-

ga repetida o MSCR (de las siglas en inglés *Multiple Stress Creep Recovery*), a través de la norma AASHTO M332 han permitido generar una propuesta que está ya usándose en varios estados de la unión americana para medir el recobro elástico del asfalto con esfuerzos repetidos.

La Figura 10 describe el equipo y condiciones de prueba para determinar la prueba MSCR y la Figura 11, el gráfico que define la zona de aceptación de recuperación elástica del ligante asfáltico.

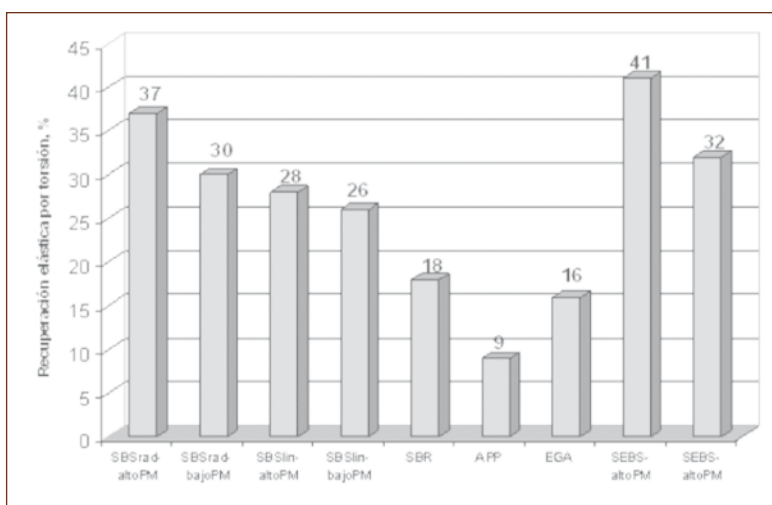


Figura 9. Valores de recuperación elástica torsional en asfaltos modificados con diferentes polímeros a 2.2% peso/peso partiendo de un asfalto de origen EKBE PG 64-22.

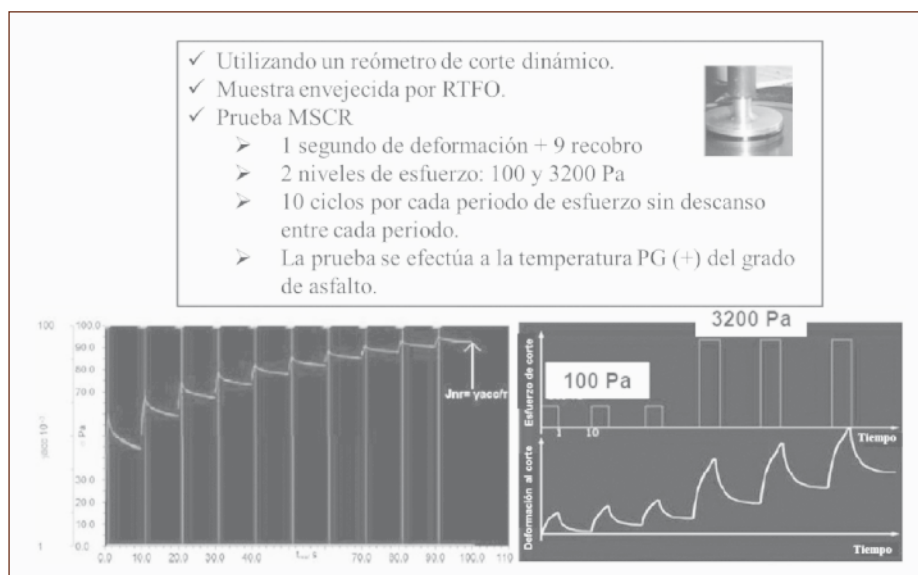


Figura 10. Condiciones para determinar la recuperación elástica por esfuerzo de corte con carga repetida (mscr).

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



Enriching lives, in harmony with nature.



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

ventas@quimikao.com.mx

www.quimikao.com.mx



www.quimicaboss.com.mx

Tel: 01(33) 3684-0505

asfaltos@quimicaboss.com.mx

POLÍMEROS MODIFICADORES DE ASFALTO

TERPOLÍMERO DE ETILENO
 Lotader AX - 8900
 Asfalto Modificado

BUTONAL NX-4190
 BUTONAL NX-1129

APLICACIÓN
 EMULSIÓN
 Modificada y mezcla en caliente

Polímero SBR.

¡Una solución
 Confiable!



Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.



Felicitamos al
 Instituto
 Tecnológico de Tepic



por haber ganado el 1er lugar
 en el Jeopardy
 de la 4ta Reunión
 Académico Estudiantil AMAAC

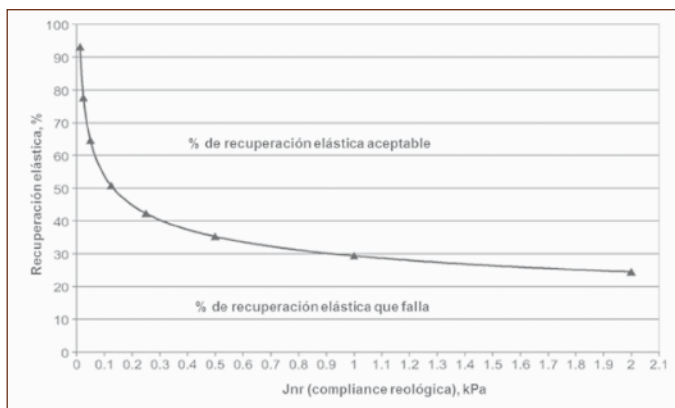


Figura 11. Gráfico que define los límites de recuperación elástica medida por esfuerzo de corte con carga repetida.

Aprovechando esta herramienta, es posible saber si un asfalto modificado va a presentar un punto de falla en su recuperación elástica, ya que estos pueden ser muy rígidos, pero poco elásticos como se muestra en la Figura 12.

En esta Figura 12, se determinó la recuperación elástica de tres asfaltos modificados y su asfalto de origen, como se observa, el asfalto de origen (EKBE 64-22) no presentó un comportamiento de recobro elástico dentro de la zona de aceptación, mientras que los asfaltos modificados con SBS lineal y elastómero híbrido de estireno-butadieno sí presentaron un recobro elástico aceptable en la medición de tres puntos a 64, 70 y 76 °C.

Conforme se va aumentando la temperatura el recobro elástico se hace menor y la rigidez también disminuye (medida a través del parámetro Jnr o compliance reológica en el eje de las abscisas), conforme la curva se desplaza más a la izquierda el ligante asfáltico es más duro y viscoso; y viceversa si se desplaza a la derecha. Por ejemplo, el asfalto virgen es mucho menos duro y viscoso que los asfaltos modificados.

En la misma Figura 12, el asfalto modificado con plastómero EGA cumple a 64 y 70 °C pero falla a 76 °C.

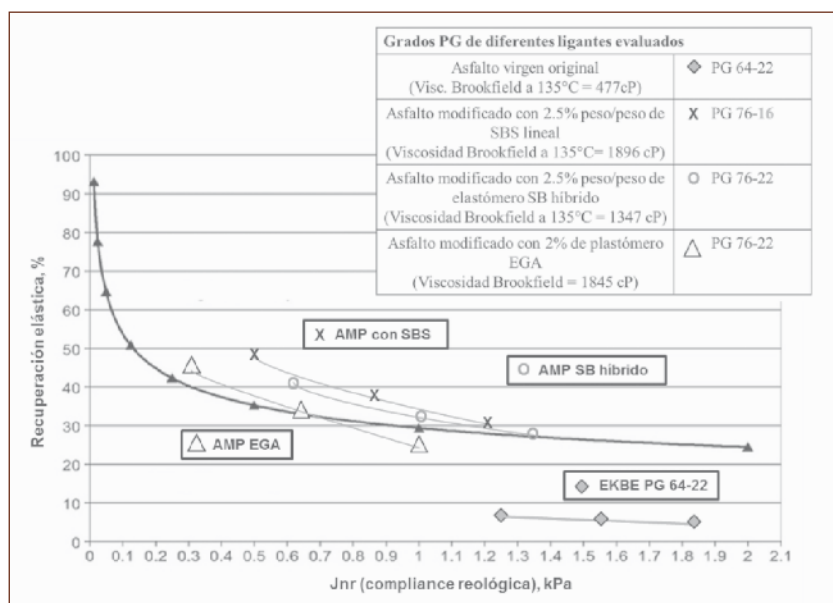


Figura 12. Resultados de recuperación elástica con carga repetida de acuerdo a AASHTO M332 para diferentes ligantes asfálticos

Tanta relevancia está teniendo la recuperación elástica, que en Estados Unidos y en países europeos se han perseguido diseños de pavimentos asfálticos que compitan con grandes ventajas con el concreto hidráulico, particularmente en lo que a espesores se refiere. A dichos diseños se les conoce como pa-

vimentos asfálticos de alto módulo⁵ (HiMA del inglés *High Modulus Asphalt*), formulados con asfaltos modificados con altas dosificaciones de elastómero de estireno-butadieno entre 6 a 7% peso/peso en el asfalto logrando transferir la alta recuperación elástica al pavimento, adicional a un alto reforzamiento.

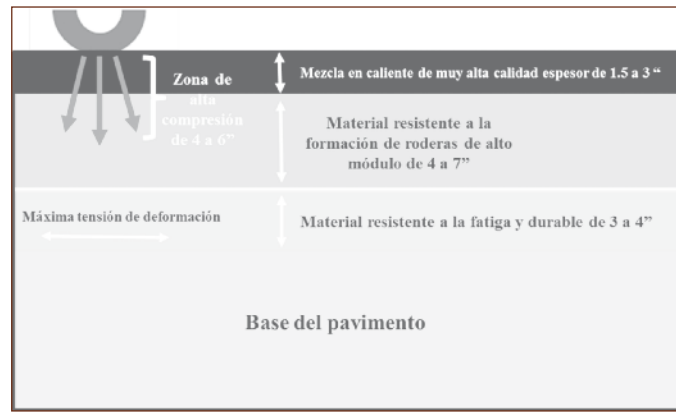


Figura 13. Diseño de un pavimento asfáltico de alto módulo.

Esto se puede conseguir mediante el diseño de elastómeros SBS especiales que presentan un arreglo especial en su microestructura con alto contenido de vinilos, lo cual les confiere la posibilidad de manejar altas dosis de polímero sin llegar a niveles de viscosidad elevados que dificulten la capacidad de bombeo del asfalto modificado como se observa en la Figura 14.

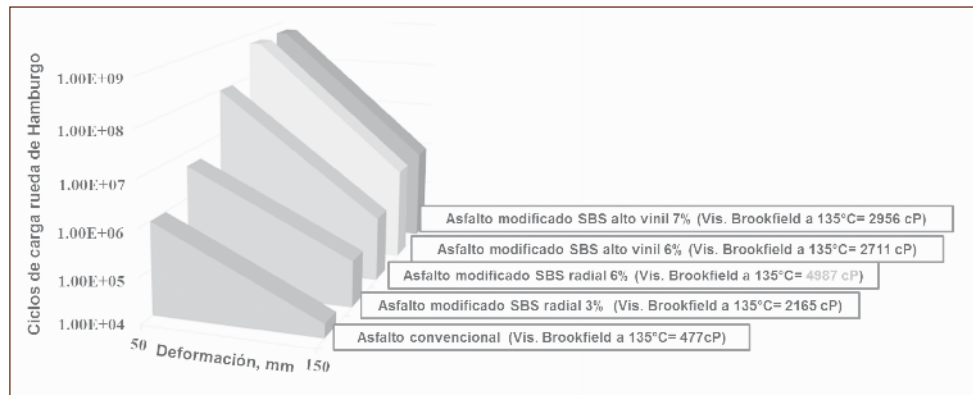


Figura 14. Asfaltos modificados con alto contenido de elastómero como modificador especial para pavimentos de alto módulo.

Conclusiones

El uso de los asfaltos modificados con polímero mejoró sustancialmente el desempeño de los pavimentos fundamentalmente para brindar durabilidad.

La primera aproximación fue desarrollar el concepto de módulo de corte reológico para obtener parámetros de rigidez adecuada del pavimento que brindara resistencia a la carga vehicular. Esto permitió que mediante la concentración de polímeros se pudiera reforzar el ligante asfáltico cumpliendo con los valores de rigidez que se piden en la norma americana Superpave y en la norma mexicana N-CMT-4-05-002/06, en los estados del asfalto original y envejecido por RTFO.

En este trabajo se propone que la norma mexicana considere ambos estados y no solo el estado envejecido por RTFO ya que puede dar origen a variaciones

en la calidad del material. El módulo de corte reológico envejecido por RTFO se puede obtener a partir de modificación química, que únicamente endurece el asfalto pero que no brinda recuperación elástica, y al final un ligante asfáltico rígido se vuelve frágil cuando experimenta gradientes de temperatura por variación del clima, originando fallas estructurales con agrietamiento.

En relación a la variación del clima, y de forma particular a las bajas temperaturas, es importante que la norma mexicana incluya el doble envejecimiento por PAV que se da al asfalto (convencional o modificado) después del RTFO, por que con ello se logra medir el grado PG negativo al que se hace referencia en la norma mexicana N.CMT.4.05.004/008. El grado PG negativo no solo está asociado a la mínima temperatura a la que puede ser resistente el pavimento, también garantiza resistencia a la fatiga en días con gradientes de temperatura de más de 10 °C y durabilidad con el tiempo (envejecimiento más lento).


El módulo de corte reológico está enfocado principalmente a la reducción de roderas; sin embargo, no es la única variable que contribuye al adecuado desempeño del ligante asfáltico, pues dicho ligante no solo debe reforzar la formulación del pavimento, sino también mantener una adherencia adecuada del agregado pétreo y brindar recuperación elástica.

Esta última variable ha cobrado mucha importancia en la unión americana y Europa, donde no solo se mide la recuperación elástica por ductilómetro, sino que existe ya un método de esfuerzo de corte con carga repetida normado por el método AAHSTO M332 que permite determinar si un asfalto con adecuados módulos de corte reológicos también presenta recuperación elástica aceptable.

La combinación de rigidez con recobro elástico les da sentido a los llamados asfaltos visco-elásticos,

los cuales garantizan un desempeño superior frente a los asfaltos convencionales que se traducen en la mezcla asfáltica usada en el pavimento con mayores módulos de resiliencia y menores roderas.

Una mala práctica a eliminar es que habiendo mejorado el módulo de corte y la recuperación elástica se quiera reducir el espesor de la capa de rodadura para llegar a los niveles que ofrece el asfalto convencional. Esto representa ahorro para el constructor, pero no para el usuario, quien sufrirá en corto tiempo (similar al del asfalto convencional) los trastornos que se originan cuando se interrumpen las vías por mantenimiento, o lo que es menos deseable, que se formen prematuramente roderas y grietas.

Finalmente, la búsqueda por maximizar el recobro elástico en el pavimento ha permitido generar la propuesta de pavimentos de alto módulo (HiMA), que son pavimentos asfálticos que compiten con el concreto hidráulico en resistencia estructural, pero con la ventaja de tener mayor recuperación elástica y menor espesor, lo cual le hace ser una tecnología competitiva en costo y mantenimiento. 

¿Quieres profundizar?

- 1 WULF Rodríguez, F.A., "Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero", Tesis de licenciatura, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería, Valdivia, Chile, 2008. P. 32-35.
- 2 <http://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-4-05-002-06.pdf>
- 3 HERNANDEZ, G, "9th., Argus asphalt summit", Miami, FL. USA, 2016.
- 4 ZHU, J., *et al*, European Polymer Journal, 54, 2014. P. 18-3.
- 5 JIAN-SHIUH, C., *et al*. Journal of materials in civil engineering, 14, No. 3, 2002, pp. 224-229.

Llévanos contigo...

¡Descarga nuestra App!





50 años de caminos rurales en México con normativa y tecnología apropiada

Ing. Raúl Salas Rico
Perito Profesional de Vías Terrestres – Estudios y Proyectos

Parece que fue ayer. Al tratar de resumir un periodo de tiempo largo en un artículo, es sumamente difícil. Los hechos en el tiempo ayudan en ese propósito. El artículo contiene algunos de los aspectos sobresalientes de un programa que en una buena parte de su duración a la fecha, ha tenido un porcentaje de importancia de tipo social, mientras que el resto ha atendido la comunicación de las comunidades asentadas en el medio rural —la mayoría de hasta 2,500 habitantes— y sus cabeceras municipales entre sí, permitiendo además la salida del excedente de producción —agrícola fundamentalmente— y la llegada de insumos para esa actividad y hasta servicios, como los de la salud y la educación.

Desde su inicio hasta a fines del siglo xx, el Programa de Caminos Rurales en México descansaba en una Normativa que se fue elaborando conforme el programa crecía en el tiempo, rescatando técnicas que en su momento fueron las más adecuadas para la ejecución de los trabajos, como fue el uso de los recursos más abundantes en la región o zona donde se asentaban los caminos, como la mano de obra campesina.

Esa tecnología no hacía a un lado el uso de los equipos y la maquinaria de construcción, ya que para el revestimiento de las terracerías de las vías de comunicación, se tenían que extraer materiales de bancos debidamente seleccionados, cargarlos y transportarlos al lugar donde se utilizaban.

Así creció la red de caminos rurales, hasta representar el 60% de la red de carreteras del país y el hecho de que en el siglo xxi se hayan reconstruido más caminos que construir nuevos, no significa que deben olvidarse las normas y los procedimientos que los hicieron posible. Si estos no son del conocimiento del personal y de las empresas que realizan los actuales caminos rurales, hay un desperdicio de conocimientos que, en parte, se debe al diseño de las obras y sus proyectos.

Este artículo menciona los sucesos sobresalientes de la Normativa aplicada y en vigor, para la construcción y mantenimiento de caminos rurales.

- Tomando como base el tránsito diario promedio anual (TPDA) para el horizonte de proyecto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) tenía establecidos en 1971 cinco tipos de caminos —identificados con las letras A, B, C, D y E—. Los caminos rurales quedaron circunscritos dentro del tipo “E”. Estos últimos se diseñaban para dar servicio hasta para 100 vehículos por día.
- Así mismo, los proyectos de caminos rurales consideraron el análisis del beneficio/costo, que llevaba implícito el cálculo de los costos en cada uno de los años del horizonte que se analizara. En cuanto a los beneficios, se analizaron como tales los originados por el incremento en el valor del producto, los ahorros en costos de transporte y, en algunos casos, los efectos de carácter social.
- Las normas de proyecto geométrico para caminos rurales han evolucionado de acuerdo con las distintas épocas del programa. El mejoramiento de brechas consistía en la ejecución de trabajos para mejorar el alineamiento vertical y horizontal, construir las obras de drenaje necesarias y/o acondicionar la superficie de rodamiento, en los tramos donde fuera requerido.
- Las características geométricas que han regulado el proyecto de caminos rurales son dos:
 - 1ª. El tránsito diario promedio anual (TPDA) para el horizonte de proyecto, de 100 vehículos como máximo; lo anterior coloca a este tipo de caminos como los de más bajo volumen de las vías de la red nacional, lo cual justifica la sección de un solo carril. En el subtema de “Capacidad” se abunda sobre el tópico.
 - 2ª. La topografía del terreno donde se alojará el camino, dividida en tres tipos: plano, lomerío y montañoso.

- Los caminos tipo “E” —grupo al que pertenecen los caminos rurales— tienen características geométricas restringidas, siendo la principal el ancho de la sección, la cual se reduce a cuatro metros de corona. Esto hace que sólo exista un carril de circulación para ambos sentidos del tránsito, por lo que los problemas de encuentros vehiculares se tienen que resolver por medio de “libraderos” ubicados según el tipo de terreno.

La normativa técnica aplicable a los caminos rurales está contenida en documentos, como los siguientes:

En la década de los setenta, la Normativa en vigor señalaba que la construcción de todo tipo de caminos tenía que hacerse con el estricto cumplimiento de la misma. Los documentos técnicos para el proyecto y la construcción de caminos rurales, consideraron condicionantes para que las terracerías se formaran con préstamos laterales y el desmonte incluía la tala y la quema de la vegetación que se cortaba.

Con la aparición de la normativa relacionada con la variable ambiental en obras federales fue necesario incluirla en todos los proyectos de construcción y conservación. Así, la Ley de Obras Públicas en vigor en 1983, señalaba expresamente la necesidad de predecir los impactos ambientales que producirían las obras, sus consecuencias y la obligación de adoptar las medidas necesarias para neutralizarlos o mitigarlos.

Un ejemplo es el siguiente: el Artículo 13 de la Ley mencionada precisaba que “en la planeación de la obra pública, las dependencias y entidades deberán prever los efectos y consecuencias sobre las condiciones ambientales. Cuando éstas pudieran afectarse, los proyectos deberán incluir lo necesario para que se preserven, restauren o mejoren las condiciones ambientales y los procesos ecológicos”.

El “Instructivo para la Construcción de los Caminos Rurales” de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, editado en 1977, es una “guía para la unificación de criterios y representa la concentración de gran parte de la experiencia tenida hasta la fecha” en materia de construcción de terracerías, revestimiento y obras de drenaje.

Las “especificaciones de construcción”, que la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas publicó a través de su Dirección General de Caminos Rurales, en el año 1981, contienen entre otras, las especificaciones de “Acarreos para revestimientos, empedrados y estabilizaciones” y las “Normas de Materiales”.

Por su parte, el libro “Caminos Rurales” de las Normas para Construcción e Instalaciones, de la SCT, edición 1985, abarca los proce-

dimientos para la construcción de terracerías (3.05.01), obras de drenaje (3.05.02) y revestimientos (3.05.03) de caminos rurales.

En 1986, la SCT, a través de la Dirección General de Caminos Rurales, editó el “Album de proyectos tipo de elementos para alcantarillas de caminos rurales”.

El libro “Proyectos tipo de alcantarillas y puentes”, en vigor en 1988, que incluyó a las alcantarillas de madera, de tubo metálico y de concreto, así como los vados y muros para sostenimiento de tierras, entre otros tópicos.

La Memoria del “Seminario Internacional xxv años de caminos rurales en México 1967-1992”, publicado en 1993, contiene ponencias de evaluación y tecnología, principalmente.

El libro introducción “Propósito de la Normativa para la Infraestructura del Transporte” indica que el tema Carreteras abarca todo tipo de carreteras, desde las brechas hasta las autopistas, así como todas las obras necesarias para su operación. Este grupo de normas se encuentra vigente a partir de 1999.

Para la atención del Programa de Empleo Temporal (PET), la SCT elaboró en 1999 el Manual para la Construcción, Reconstrucción y Conservación de Caminos Rurales, con uso preferencial de mano de obra. Este documento menciona en su capítulo 4 que la “ejecución de las obras se hará con base en las indicaciones de este manual, lo estipulado en las Normas de Construcción de Caminos Rurales y las Normas para el Proyecto Geométrico, además de las Especificaciones de Proyecto”.

La propia SCT editó el Instructivo Técnico para la Conservación y Reconstrucción de Caminos Rurales con Uso Preferencial de Mano de Obra 2007, dentro del Programa de Empleo Temporal, donde se indica que “los trabajos que se realicen en este programa deben cumplir con las normas y especificaciones técnicas de la SCT, así como las demás normas ambientales, jurídicas y administrativas en vigor”.

La versión 2005 de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, indica en su Artículo 20 que “las dependencias y entidades estarán obligadas a considerar los efectos sobre el medio ambiente que pueda causar la ejecución de las obras públicas con sustento en la evaluación de impacto ambiental prevista por la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”.

Ciudad de México, 25 de septiembre de 2017.

Evolución de los caminos rurales en México. SEP – Indautor
Registro Público 03 – 2008 – 110609354000 – 01.



Nuevo tratamiento superficial de rápida abertura al tránsito y fácil aplicación

Ing. Álvaro Gutiérrez Muñiz

Introducción

Un pavimento asfáltico es una estructura en capas, siendo la última una mezcla compactada de agregado con cierta composición granulométrica y asfalto, esta mezcla con una determinada densidad ajustada a un 4% de vacíos de aire logra una larga duración del pavimento flexible, para prolongar esta vida de servicio del pavimento es necesario proteger la carpeta de rodadura con tratamientos superficiales aplicados en el momento correcto para un tipo específico de daño que puede ser un agrietamiento muy ligero, un desprendimiento de agregado, una deformación permanente o unas grietas severas, es por ello que los tratamientos superficiales son esenciales para resolver estos problemas para prolongar la vida de las carreteras.

Dentro de los tratamientos superficiales tenemos el riego de la emulsión asfáltica, el riego de sello, el doble riego de sello, el Cape Seal, el Slurry Seal y la Micro-Superficie y podemos decir que todos ellos son igual de importantes, pero cada uno de ellos ayudan a la corrección de diferentes problemas de la carpeta asfáltica, es por ello que el mejor tratamiento superficial será aquel que corrige el problema específico de la carpeta asfáltica presentado en ese momento.

Descripción de este nuevo tratamiento superficial

Uno de los tratamientos superficiales más utilizados en muchos países es la Micro-Superficie, dado que previene y corrige varios problemas que se presentan en las carpetas de rodadura como son la deformación permanente y el agrietamiento por fatiga, este tratamiento se aplica tanto en calles y avenidas de la ciudad como en autopistas de alto tránsito rehabilitando la carpeta asfáltica existente ofreciendo un tiempo de apertura al tránsito de una hora después de haber sido aplicado; sin embargo, este tratamiento está limitado a utilizar cierto tipo de agregados, cierto tipo de emulsiones asfálticas, cierto tipo de asfalto, cierta maquinaria de aplicación manipulada con personal calificado, cierto diseño especializado y su rápida apertura al tránsito que depende de las condiciones ambientales, es por ello que este trabajo de investigación está enfocado a resolver las limitaciones de la Micro-Superficie empleando un nuevo tratamiento superficial que consiste en aplicar una mezcla asfáltica tibia de un centímetro de espesor ya compactada pudiéndose fabricar con una gran variedad de agregados con la misma composición granulométrica que la Micro-Superficie y un asfalto modificado con aditivos que

le proporcionan a éste las propiedades de un alto punto de reblandecimiento y una baja viscosidad a las temperaturas entre 100 y 160 °C.

Esta mezcla asfáltica tibia una vez que es colocada sobre el pavimento presenta una apertura al tránsito entre 15 y 30 minutos y puede ser aplicada a cualquier hora del día o de la noche utilizando cualquier modelo de máquina extendedora (*finisher*) existente en el mercado a temperaturas que oscilan entre los 100 y 140 °C para su posterior compactación con rodillo metálico a temperaturas que varíen en un rango de temperaturas entre 95 y 130 °C.

La mezcla asfáltica tibia corrige problemas de rodera, aumenta el coeficiente de fricción y reduce el Índice de Regularidad Internacional, IRI de la carpeta asfáltica existente.

Esta mezcla puede ser colocada sobre la superficie de una mezcla asfáltica o sobre un concreto hidráulico previo un tratamiento de limpieza en conjunto con la aplicación de un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido, la cual, es colocada como un tratamiento superficial con el objetivo de proteger la carpeta asfáltica contra el tránsito y los daños del medio ambiente, por lo tanto, no forma parte del diseño de la estructura del pavimento.

El asfalto a utilizarse en este nuevo tratamiento superficial debe de ser un asfalto especial compuesto de un tipo AC-20 o un EKBE más la adición de aditivos especiales propuestos en este estudio, estos aditivos reducen la viscosidad del asfalto AC-20 y EKBE a temperaturas entre 110 y 160 °C y aumentan el punto de reblandecimiento de los mismos. La cantidad de los aditivos adicionados a estos tipos de asfaltos deberá ser aquella que permita que el asfalto ya modificado cumpla con los requisitos de control de calidad mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos de control de calidad del asfalto modificado para este nuevo tratamiento superficial

Prueba	Método de prueba			Especificación
	N-CMT	AASHTO	ASTM	
Viscosidad rotacional a 135 °C (Pa s)	M-MMP-4-05-005	T – 316	D 4402	Máximo 0,350
G*/sen δ a 82 °C (KPa)	M-MMP-4-05-025	T – 315	D 7175	Mínimo 1,0
Punto de reblandecimiento (°C)	M-MMP-4-05-009	T – 53	D 36	Mínimo 95
Ángulo de fase a 82 °C (°)	M-MMP-4-05-025	T – 315	D 7175	Máximo 75
Penetración a 25 °C (dmm)	M-MMP-4-05-006	T – M-20-70	D 946	Mínimo 40

La razón de que este nuevo tratamiento superficial requiera utilizar un asfalto con baja viscosidad a las temperaturas entre 100 y 160 °C es para que la mezcla asfáltica pueda ser compactada y manipulada por los trabajadores a temperaturas entre 100 y 120 °C dado que la misma al ser colocada con un espesor tan delgado de aproximadamente 1,3 cm antes de ser compactada se enfría rápidamente y si se utilizara un asfalto EKBE, un AC-20 o un modificado con los polímeros tradicionales existentes en el mercado sería prácticamente imposible manipular esta mezcla a estas bajas temperaturas, o en su defecto, para lograr lo anterior, la mezcla tendría que calentarse a temperaturas muy elevadas degradando el asfalto y el agregado. Este asfalto propuesto en este estudio con la propiedad de presentar bajas viscosidades a estas altas temperaturas está modificado con la combinación de tres

2021
2020
2019
2018

PAVIMENTANDO EL CAMINO AL FUTURO

La mayor convención y exposición educativa sobre asfalto en Norteamérica



**World
of
Asphalt®
2018**
EXPOSICIÓN Y CONVENCION

Realizada paralelamente con

NSSGA
AGG1
AGGREGATES ACADEMY & EXPO.

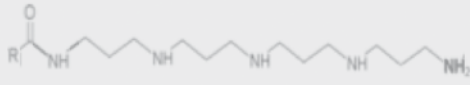

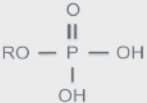
Del 6 al 8 de marzo de 2018 • Houston, TX, EE.UU.

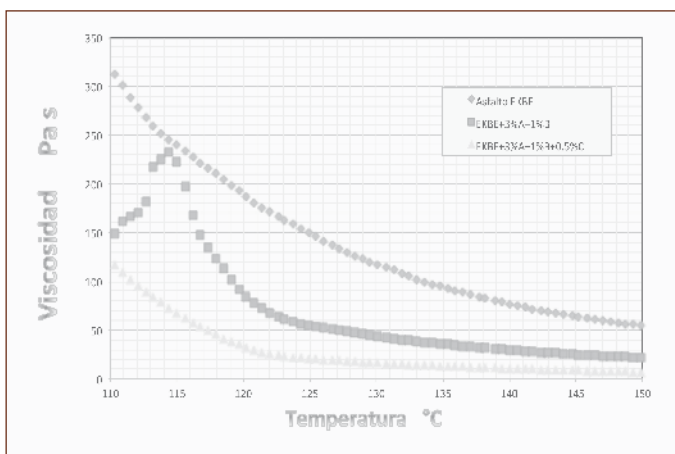
Reciba alertas sobre ofertas tempranas ahora en

www.worldofasphalt.com/alerts

aditivos, el aditivo A que es una amidoamina, el aditivo B que es una poliamina de sebo y el aditivo C que es un alquil éster fosfato. En la Tabla 2 se muestran las estructuras químicas de los aditivos A, B, y C utilizados en este estudio.

Tabla 2. Estructura química de los aditivos utilizados en este estudio

ADITIVO (Letra de identificación para los aditivos de este estudio)	Estructura química de la molécula del aditivo
A	<p><i>N-Alquil Sebo Amido Tetrapropilen Pentamina</i></p>  <p><i>N-Sebo Alquil Dipropilen Triamina</i></p>
B	
C	<p><i>N-Alquil Éster Fosfato</i></p> 



Equipo: Reómetro de corte dinámico.
 Geometría: Platos paralelos de 25 mm de diámetro.
 Abertura entre platos: 1000 micras.
 Abertura de corte: 1050 micras.
 Rango de barrido de temperatura: 90 a 150 °C.
 Temperatura inicial: 90 °C.
 Velocidad de calentamiento: 3,50 °C/min.
 Velocidad de deformación: 1,00 s⁻¹.

Gráfica 1. Viscosidad del mástico fabricado con el asfalto EKBE y con asfalto modificado con los aditivos A, B y C.

El Instituto del Asfalto de Estados Unidos en sus procedimientos de diseño de mezclas asfálticas utiliza los rangos de equiviscosidad-temperatura para la determinación de la temperatura de mezclado y compactación basados en la viscosidad del asfalto. Estos rangos de viscosidad del asfalto son de $0,17 \pm 0,2$ Pascal-segundo para temperaturas de mezclado y $0,28 \pm 0,3$ Pascal-segundo para temperaturas de compactación y para ello se elabora una gráfica de viscosidad contra temperatura que facilita la determinación de estos parámetros. En este estudio se hicieron estas gráficas y se observó que el asfalto modificado con los aditivos no manifestaba las reducciones de viscosidad que ocurrían en la aplicación en campo y por ello fue necesario desarrollar un nuevo método que consiste en la medición de la viscosidad de un “mástico” elaborado con la mezcla de 70% de material que pasa la malla 200 (este fino es del material con que se realizará la mezcla asfáltica) con 30% de asfalto que puede o no estar aditivado, esta mezcla se hace a la temperatura de 160 °C y el mástico formado se coloca en un molde de 30 mm de diámetro para después medir su viscosidad en un rango de temperatura entre 90 y 150 °C utilizando el reómetro de corte dinámico. En la Gráfica 1 puede-

mos apreciar cómo el mástico fabricado con asfalto especial (modificado con los aditivos A, B y C propuestos en este estudio) presenta una viscosidad menor que el mástico fabricado con asfalto EKBE, tal como sucede en campo.

La Figura 1 muestra la facilidad de manejo de la mezcla asfáltica tibia por parte de los trabajadores de la obra hasta temperaturas cercanas a los 110 °C, lo cual es ideal para este tratamiento, esta propiedad es debida a la adición de los aditivos.



Figura 1. Aplicación del tratamiento superficial en la autopista Guadalajara-Colima, se observa que la mezcla asfáltica tibia se puede manipular por los trabajadores hasta temperaturas de 110 °C.

La adición de los aditivos A, B y C al asfalto proporciona una mezcla asfáltica que puede ser mezclada por la máquina extendedora (*finisher*) hasta temperaturas mínimas de 120 °C, tal como lo muestra la Figura 2.



Figura 2. Temperaturas de mezclado de la mezcla asfáltica tibia para este tratamiento en la máquina extendedora.

La adición de los aditivos A, B y C al asfalto proporciona una mezcla asfáltica que puede ser compactada hasta temperaturas mínimas de 95 °C, tal como lo muestra la Figura 3.



Figura 3. Temperatura mínima de compactación de 95 °C de la mezcla asfáltica tibia para este tratamiento.

La adición de los aditivos A, B y C al asfalto proporciona una mezcla asfáltica que puede ser mezclada y colocada a espesores mínimos de 1,3 cm (antes de compactar) con cualquier máquina extendedora (*finisher*) tal como lo muestra la Figura 4.



Figura 4. La mezcla asfáltica para este tratamiento puede ser aplicada con cualquier tipo de finisher.

Este tratamiento superficial propuesto en este estudio debe de tener un alto módulo a las temperaturas entre 50 y 70 °C para que este pueda corregir los problemas de deformación permanente y de IRI que presenta la carpeta asfáltica existente, para ello las propiedades que debe de tener el asfalto es un alto punto de reblandecimiento (M-MMP-4-05-009) y un bajo valor del ángulo de fase

(AASHTO T-315-06) a esas temperaturas. La Figura 5 muestra cómo la temperatura de la superficie del pavimento es muy diferente a la temperatura ambiente y es por ello que para este tratamiento al ser una carpeta asfáltica tan delgada el asfalto necesita tener un alto punto de reblandecimiento.

La Tabla 3 muestra los diferentes puntos de reblandecimiento con diferentes formulaciones, podemos apreciar que el mayor punto de reblandecimiento fue obtenido con la formulación 4 de la Tabla 3 y al compararlo con el punto de reblandecimiento del asfalto proveniente del residuo por evaporación de una emulsión típica de Micro-Superficie resulta que el asfalto con la formulación 4 es prácticamente el doble haciendo una mezcla asfáltica más resistente a la deformación permanente a altas temperaturas en el pavimento y esta sería una de las principales

ventajas al usar esta invención respecto a usar una Micro-Superficie.

Es importante también que el asfalto presente la propiedad de tener recuperación elástica a las temperaturas entre 45 y 80 °C para que el tratamiento disminuya la deformación permanente y el IRI y esto lo podemos verificar al medir en el asfalto el ángulo de fase a estas temperaturas, en la Gráfica 2 podemos apreciar que la adición de los aditivos A, B y C al asfalto (fórmula 4) disminuyen el ángulo de fase respecto al asfalto EKBE a estas temperaturas haciendo un asfáltico más elástico.

Otra propiedad que el asfalto debe de tener para que este tratamiento pueda corregir los problemas de deformación permanente y de IRI que presenta la carpeta asfáltica donde será colocado, es que el asfalto tenga un alto valor de módulo de corte complejo

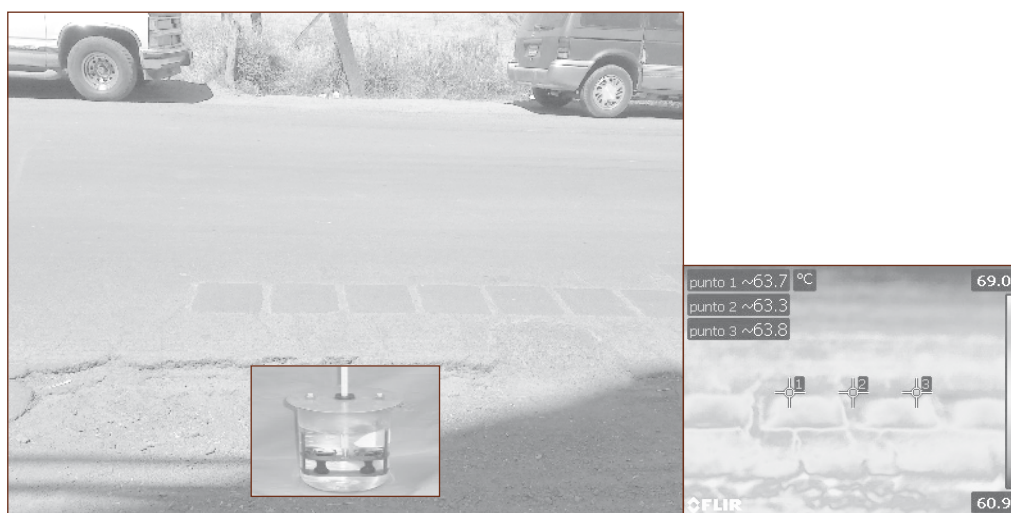


Figura 5. Diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de la superficie de la carpeta asfáltica.

Tabla 3. Efecto de los aditivos en la evaluación del punto de reblandecimiento del asfalto				
Núm. de fórmula	Aditivo A	Aditivo B	Aditivo C	Punto de reblandecimiento
	(%)	(%)	(%)	°C
Asfalto EKBE	0	0	0	55
Residuo de una emulsión asfáltica para microsuperficie	0	0	0	58
1	2	0	0	73
2	0	3	0	49
3	0	0	0,5	56
4	3,5	1	0,5	103
5	3,5	4	0,5	85

MADISA[®]



CONSTRUYENDO JUNTOS A TRAVÉS DE LA HISTORIA

NUEVA GENERACIÓN DE PERFILADORAS

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



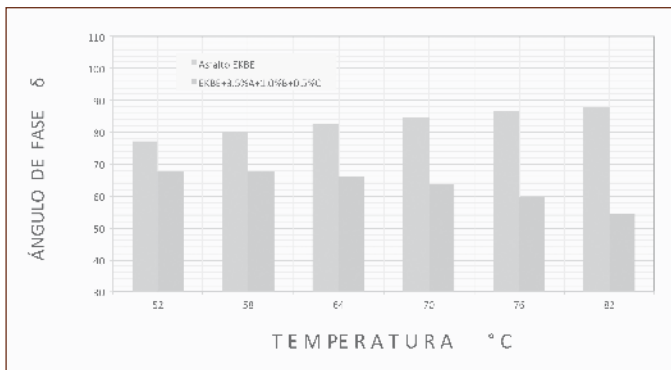
CORTE DE PRECISIÓN

CONTÁCTANOS

01 800 26 30146

www.madisa.com





Gráfica 2. Reducción del ángulo de fase del asfalto a altas temperaturas debido a la acción de los aditivos ocasionando que este tenga un comportamiento más elástico y se recupere después de un esfuerzo.

“G*” y un alto valor en la relación “G*/ sen δ” a las temperaturas entre 50 y 80 °C. En la Tabla 4 podemos apreciar las propiedades reológicas del 10 / 1 asfalto de la fórmula 4 de la Tabla 3 presentando altos valores de “G*” y de “G* / sen δ” logrando un asfalto PG 82, además la relación G'/G” a 82 °C es igual a 0,85 lo cual significa que la componente elástica es muy similar a la viscosa logrando un asfalto con gran recuperación elástica.

Además para que esta aplicación tenga la posibilidad de ser más duradera, el asfalto debe ser resistente a la oxidación, sobre todo en la etapa de mezclado y compactación que es donde ocurre la mayor velocidad de oxidación debido a que la capa de asfalto que envuelve al agregado es de tan solo 10 micras y está en contacto con el oxígeno a altas temperaturas.

En la Tabla 5 se muestran los valores reológicos después de la prueba de RTFO (AASHTO T 240-06) del asfalto EKBE modificado con los aditivos de este estudio según fórmula 4 de la Tabla 3 y podemos apreciar cómo el asfalto aditivado incrementa muy poco sus propiedades reológicas después de la prueba de RTFO ya que el índice de envejecimiento es en promedio 1,83, el asfalto EKBE tiene un promedio de 4,25 y el asfalto de Estados Unidos tiene alrededor de 3,1.

Tabla 4. Propiedades reológicas del asfalto EKBE y de éste modificado con los aditivos A, B y C, según fórmula 4, estos valores fueron obtenidos conforme a la norma AASHTO T-315-06

Asfalto EKBE PG 64 + 3,5% Aditivo A + 1,0% Aditivo B + 0,5% Aditivo C (fórmula 4 de la Tabla 3)					
Temperatura °C	G*/sen δ KPa	δ	G' Pa	G'' Pa	G* Pa
52	11,26	63,71	4470	9048	10090
58	6,383	62,6	2608	5032	5667
64	3,97	60,97	1684	3035	3471
70	2,79	58,52	1243	2030	2380
76	2,018	55,47	942,4	1370	1662
82	1,745	49,68	860,7	1014	1330

Tabla 5. Propiedades reológicas del asfalto EKBE modificado con los aditivos A, B y C, según fórmula 4 después de la prueba de RTFO (AASHTO T 240-06)

Asfalto EKBE PG 64 + 3,5% Aditivo A + 1,0% Aditivo B + 0,5% Aditivo C después de RTFO						
Temperatura °C	G*/sen δ KPa	δ	G' Pa	G'' Pa	G* Pa	Índice de envejecimiento G* RTFO/G* original
52	23,63	63,18	9517	18820	21090	2,09
58	12,57	64,16	4932	10190	11320	1,98
64	7,37	64,01	2903	5955	6625	1,91
70	4,68	62,92	1897	3710	4167	2,05
76	2,989	61,99	1240	2330	2639	1,59
82	2,072	59,45	907,1	1537	1785	1,34
Promedio						1,83

Para que esta aplicación evite el reflejo en grietas existentes en la carpeta de rodadura, el asfalto a temperaturas inferiores a 25 °C debe tener la misma o menor rigidez que el asfalto AC-20 y EKBE, esto lo podemos evaluar mediante la medición del módulo de corte complejo (G^*) o la penetración a 25 °C y al utilizar los aditivos propuestos en este estudio observamos que el aditivo A disminuye la penetración y aumenta el módulo de corte complejo G^* a la temperatura de 25 °C, el aditivo B aumenta la penetración y disminuye el módulo a esta temperatura y el aditivo C prácticamente no tiene un efecto significativo en esta propiedad, por lo que al utilizar todos los aditivos es necesario tener en cuenta la proporción en que estos se aplican para lograr obtener altos valores de penetración y bajos valores de G^* a 25 °C respecto al asfalto AC-20 y EKBE.

En la Tabla 6 podemos observar el efecto de cada uno de los aditivos y el efecto de la mezcla de estos en la medición de la penetración y módulo de corte complejo G^* a 25 °C del asfalto y podemos ver que una buena fórmula es la número 5, ya que se tiene un valor de penetración de 71 dmm y un módulo de corte dinámico de 398,100 KPa y al observar su punto de reblandecimiento de esta formulación 5 de la Tabla 3, vemos que tiene un valor de 85 °C y al comparar todos estos valores con respecto a un asfalto EKBE vemos que estos son muy superiores, es decir, a temperaturas mayores a 60 °C los valores del punto de reblandecimiento son mayores para resolver problemas de IRI y deformación permanente y a temperaturas iguales e inferiores a 25 °C los valores de penetración son mayores para resolver problemas de fisuración por fatiga.

Tabla 6. Efecto de los aditivos en la evaluación del Módulo complejo y la penetración del asfalto a 25 °C

Núm. de fórmula	Aditivo A (%)	Aditivo B (%)	Aditivo C (%)	Penetración a 25 °C (dmm)	Módulo de corte complejo G^* a 25 °C (KPa)
Asfalto EKBE	0	0	0	55	763,400
Residuo de una emulsión asfáltica para microsuperficie	0	0	0	61	325,600
1	2	0	0	35	857,600
2	0	3	0	78	298,300
3	0	0	0,5	53	758,900
4	3,5	1	0,5	50	775,200
5	3,5	4	0,5	71	398,100

Continuando con la propiedad de que el asfalto debe de ser flexible a temperaturas inferiores a 25 °C para que esta aplicación proporcione ayuda en reflejo de las grietas existentes en la carpeta de rodadura donde es aplicada, se evaluó el grado PG inferior del asfalto modificado con los aditivos propuestos en este estudio según norma AASHTO T 313-06, estos resultados son mostrados en la Tabla 7 y podemos observar que el aditivo B juega el papel más importante dado que la fórmula 5 que contiene más aditivo B mostró el mejor resultado.

Tabla 7. Efecto de los aditivos en la evaluación del valor de la pendiente "m" (cambio de la rigidez del asfalto con respecto al tiempo (en el segundo 60) a -12 °C según norma AASHTO T 313-06

No. de Fórmula	Aditivo A (%)	Aditivo B (%)	Aditivo C (%)	Valor de "m" a -12°C AASHTO T 313-06
Asfalto EKBE	0	0	0	0,285
Residuo de una emulsión asfáltica para microsuperficie	0	0	0	0,275
1	2	0	0	0,27
2	0	3	0	0,319
3	0	0	0,5	0,291
4	3,5	1	0,5	0,289
5	3,5	4	0,5	0,313

Otra técnica para evaluar la resistencia a la fatiga que ofrecerá el asfalto es utilizando el método LAS (AASHTO TP 101-14), este consiste en hacer un barrido de frecuencia a deformación constante y después se hace un barrido de deformación a temperatura constante para crear una ley de fatiga del asfalto. La

Figura 6 muestra la ley de fatiga para un asfalto EKBE y la de un asfalto modificado con la fórmula 4 de la Tabla 3 (ambos después de PAV (AASHTO R28-06)), podemos observar la gran resistencia a la fisura del asfalto modificado (N_f mucho mayor) debida a la adición de los aditivos propuestos en este estudio.

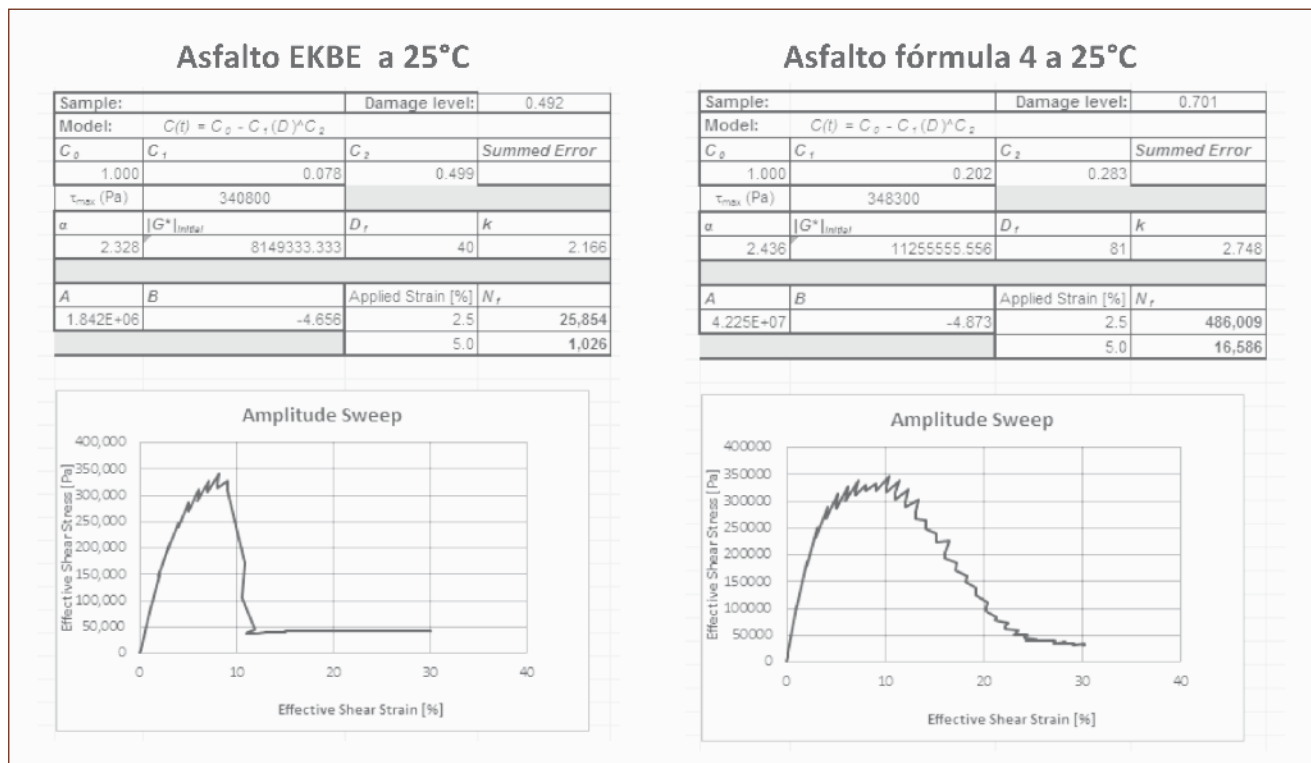


Figura 6. Número de repeticiones a la falla "Nf" para deformaciones de 2,5 y 5,0% utilizando el método LAS para un asfalto EKBE después de PAV sin y con los aditivos propuestos en este estudio (fórmula 4).

Aplicaciones en campo utilizando esta invención (autopista Guadalajara-Colima)

Utilizando la formulación número 4 de la Tabla 3, se aplicó este tratamiento superficial en la autopista Guadalajara-Colima del kilómetro 69.980 al 71.060.

La modificación del asfalto se hizo en una planta de mezcla asfáltica utilizando un tanque vertical con tres agitadores, en la modificación el asfalto tuvo una temperatura de 160 °C y se agregaron los aditivos A, B y C en la proporción de la fórmula 4 (Tabla 3) y los resultados son mostrados en la Tabla 8.

Tabla 8. Propiedades reológicas del asfalto EKBE y de este modificado con los aditivos A, B y C, según fórmula 4

Temperatura °C	G*/sen δ KPa	δ	G' Pa	G'' Pa	G* Pa
Asfalto AC-20 "EKBE" (asfalto base antes de ser modificado)					
52	8,409	77,31	1802	8003	8203
58	3,589	80,25	599,2	3486	3537
64	1,581	82,83	195,7	1556	1569
70	0,734	84,95	64,29	728,1	730,9
76	0,366	86,61	21,6	364,4	365
82	0,193	87,9	7,043	192,4	192,5
<i>Punto de reblandecimiento</i>			55°C		
Asfalto EKBE + 3,5% Aditivo A + 1,0% Aditivo B + 0,5% Aditivo C					
52	17,34	67	6236	14690	15960
58	8,836	67,38	3136	7529	8156
64	4,965	66,66	1806	4185	4558
70	3,28	64,1	1288	2654	2950
76	2,174	61,9	903,3	1692	1918
82	1,629	57,61	736,9	1162	1376
<i>Punto de reblandecimiento</i>			105 °C		

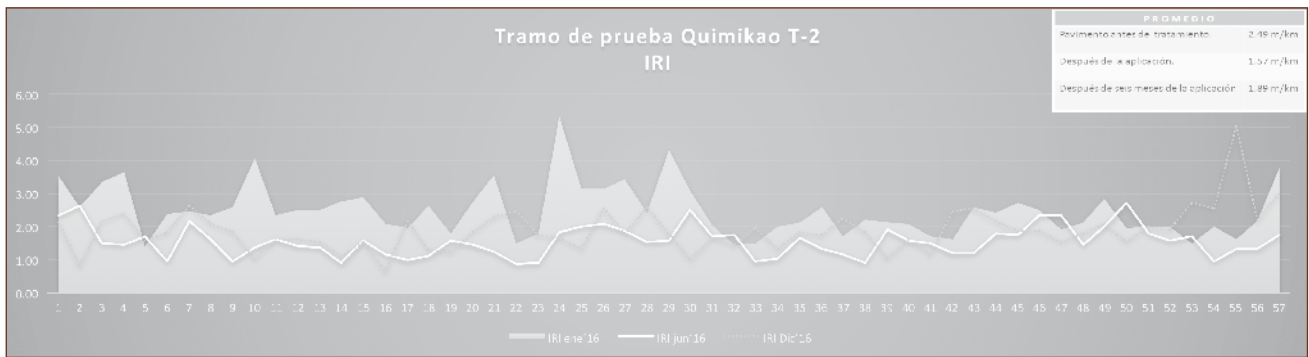
Tabla 9. Propiedades granulométricas del agregado empleado en la autopista Guadalajara-Colima

Número de malla	Especificación para tipo III	Resultado
1-Feb	100	100
3/8 "	100	100
#4	70 - 90	99,72
#8	45 - 70	66,11
#16	28 - 50	37,99
#30	19 - 34	24,51
#50	12 - 25	19,26
#100	7 - 18	13,5
#200	5 - 15	10,56

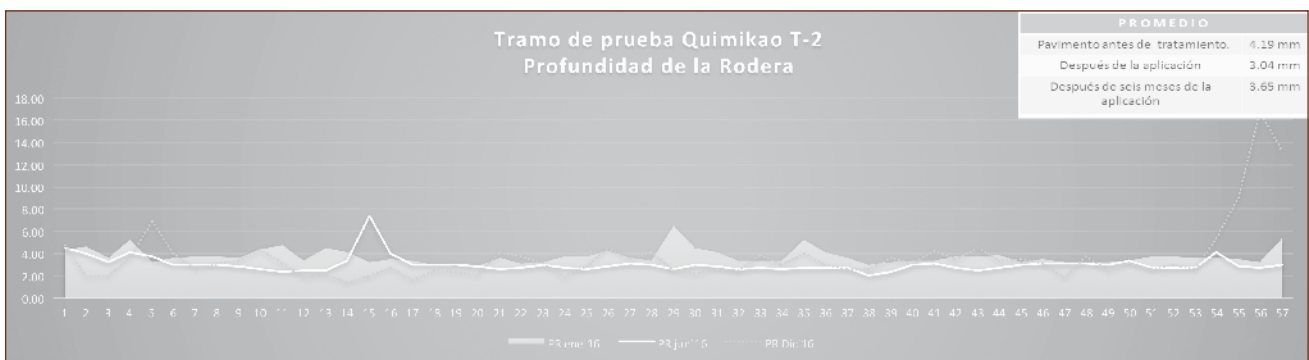
Utilizando un 8,0% de asfalto AC-20 modificado con la formulación número 4 de la Tabla 3 y un 100% de agregado tipo III (según normativa de la ISSA ver Tabla 9) con un valor de azul de metileno de 18 y un equivalente de arena de 70, se aplicó este tratamiento superficial propuesto en este estudio en la autopista Guadalajara-Colima.

Inmediatamente después de seis meses de haber sido aplicado el tratamiento superficial propuesto

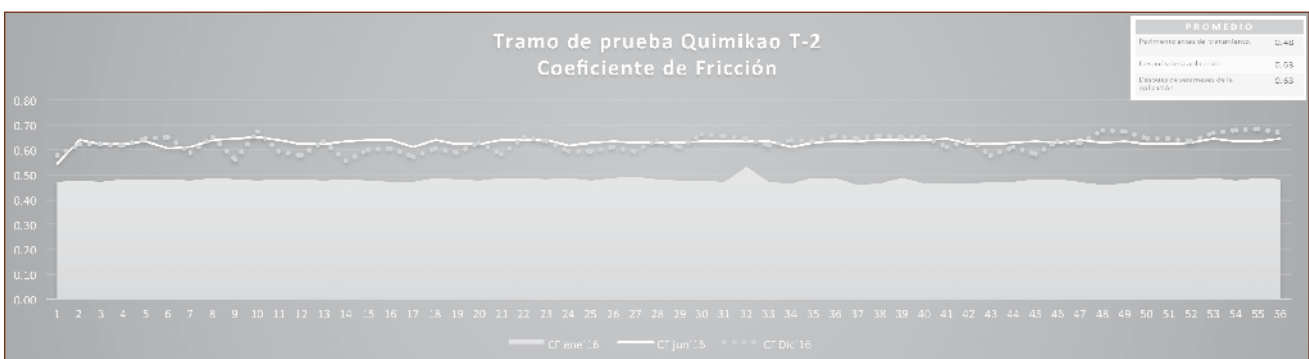
en este estudio en el ya mencionado del kilómetro 69.980 al 71.060 en el carril de baja velocidad en la dirección Guadalajara-Colima, se evaluó el Índice de Regularidad Internacional, IRI, el coeficiente de fricción y la deformación permanente, los resultados de estas evaluaciones son mostrados en las Gráficas 3, 4 y 5, donde podemos observar cómo el tratamiento superficial ayuda a mejorar las condiciones del pavimento después de haber sido colocado.



Gráfica 3. Resultados de medición del IRI antes de ser aplicado el tratamiento, inmediatamente después de haber sido aplicado y después de seis meses de haber sido aplicado el tratamiento superficial propuesto en este estudio.



Gráfica 4. Resultados de medición de rodera antes de ser aplicado el tratamiento, inmediatamente después de haber sido aplicado y después de seis meses de haber sido aplicado el tratamiento superficial propuesto en este estudio.



Gráfica 5. Resultados del coeficiente de fricción antes de ser aplicado el tratamiento, inmediatamente después de haber sido aplicado y después de seis meses de haber sido aplicado el tratamiento superficial propuesto en este estudio.

En la Figura 7 podemos apreciar la apariencia del tramo carretero antes y después de haber sido aplicado el tratamiento superficial propuesto en este estudio. Cabe aclarar que el tiempo de apertura al tránsito fue de 30 minutos después de haber sido aplicado.



Figura 7. Apariencia del tramo carretero en la autopista Guadalajara-Colima del kilómetro 69.980 al 71.060 antes y después de haber sido aplicado el tratamiento superficial propuesto en este estudio.

Conclusiones

El tratamiento superficial propuesto en este estudio fabricado con la mezcla de agregado mineral de granulometría tipo III y asfalto especial que presenta baja viscosidad a las temperaturas entre 100 y 150 °C y alto punto de reblandecimiento, mostró un excelente comportamiento tanto en laboratorio como en campo, superior en comparación con la tecnología actual de Micro-Superficie. *Las ventajas de usar este nuevo tratamiento superficial respecto a las anteriores tecnologías son las siguientes:*

- Se puede modificar el asfalto con una gran variedad de aditivos para incrementar sus propiedades reológicas y por lo tanto su durabilidad.
- La modificación del asfalto se hace en cualquier tanque de almacenamiento que tenga como mínimo calentamiento y recirculación para la homogenización de los aditivos.
- El asfalto modificado con los aditivos propuestos en este estudio es muy resistente a la oxidación además de presentar un alto módulo y bajo ángulo de fase a temperaturas entre 52 y 82 °C.
- La mezcla asfáltica se puede hacer en cualquier planta de asfalto en caliente.
- Se puede usar una gran variedad de agregados respecto a los que se usan en la Micro-Superficie.
- Se puede usar material escarificado (recuperado).
- Se puede usar polvo de hule de llanta.
- El tratamiento se aplica con cualquier tipo de máquina extendidora (*finisher*) ofreciendo la ventaja de tener más oportunidades de aplicación.
- El tratamiento se aplica a cualquier hora del día o de la noche.
- Es posible abrir al tránsito después de 20 minutos de haber sido aplicado sin importar las condiciones ambientales y no hay desprendimiento de agregado.
- Se incrementa la velocidad de aplicación respecto a otras tecnologías.
- El tratamiento ofrece alta resistencia a esfuerzos de torque desde el momento en que es colocado.



Una carta a García

A Message to García, también conocido como La carta a García, es un texto de autosuperación escrito por Elbert Hubbard en 1899.

Hubo un hombre cuya actuación en la guerra de Independencia de Cuba, culmina como un astro en su perihelio.

Sucedió en aquella guerra entre España y Cuba, cuando los Estados Unidos decidieron intervenir en favor de los rebeldes cubanos, se vio muy clara la necesidad de un entendimiento inmediato entre el presidente norteamericano y el jefe de los patriotas, el general Calixto García. Pero, ¿cómo hacerlo? Hallábase García en esos momentos, Dios sabe dónde, en alguna tenebrosa montaña escondida en el interior de la isla. Y era absolutamente necesario ponerse en comunicación con él para organizar los planes de ataque y de defensa. Pero, ¿cómo hacer llegar a sus manos ese despacho? ¿Qué hacer?

Alguien dijo al presidente: "Conozco a un hombre llamado Rowan. Si alguna persona en el mundo es capaz de dar con García es él: Rowan".

Llaman a Rowan. Le piden que vaya en busca de García, esté donde esté, y que a costa de cualquier sacrificio, le haga llegar esa carta importantísima.

Rowan toma la carta. La guarda bien escondida en un bolsillo interior. A los cuatro días desembarca en las costas de Cuba que está en poder de los españoles.

Desaparece en la selva tenebrosa, para aparecer de nuevo a las tres semanas al otro extremo de la isla.

Cruza un territorio sembrado de peligros y donde pululan los enemigos por doquier, y entrega la carta a García. Los dos frentes coordinan acciones y se gana la guerra.

¿Cómo logró llegar hasta donde estaba el destinatario de su carta? Es algo tan interesante que merecería escribir una novela al respecto. Pero no tengo interés de describir aquí el modo como esto sucedió. El punto sobre el cual quiero llamar la atención es este: el jefe da a Rowan una carta para que la lleve a García. Rowan toma la carta y no pregunta:

- ¿Pero dónde podré encontrar al tal García?
- ¿por dónde me voy a ir?
- ¿esto será fácil?
- ¿no traerá peligros este oficio?
- ¿y por qué yo y no otro?

Nada de esto pregunta ni comenta. Se va sin más a cumplir lo que se le ha encomendado.

¡Por Dios, amigo, que estamos aquí ante un hombre cuya estatua debería ser hecha en mármol o bronce y colocarla en la entrada de muchos institutos donde se enseña a la gente

a adquirir personalidad! Porque lo que debe enseñarse a la gente que desea adquirir un verdadero carácter es: cómo hay que cumplir cada vez lo más exactamente posible el deber que tenemos que hacer, y como concentrar todas nuestras energías para lograr nuestros objetivos, y lograr dedicarnos con toda el alma a la acción, a "llevar la carta a García".

El General García ya murió. Pero siguen viviendo muchos Garcías en este mundo. Son todos los que necesitan de nuestro optimismo y valentía para obrar.

Qué desánimo y desaliento sienten los hombres de empresa que necesitan la colaboración de gente entusiasta, y se quedan estupefactos ante la pereza, la falta de espíritu de sacrificio y de iniciativa, de energía y de perseverancia de sus colaboradores, para llevar a término la ejecución de las tareas que cada uno debe cumplir.

Por todas partes se ve flotar la chabacanería, la desatención culpable, la despreocupación, la indiferencia. Estas parecen ser la regla general en el obrar de muchas personas. Muchos empleados cumplen tan descuidadamente sus deberes que si fueran soldados en una guerra ya los habrían fusilado por desertores.

Y sin embargo no se puede obtener éxito en una empresa si no se logra que los subalternos y los que mandan se dediquen con ardor a cumplir cada uno sus propios deberes. De lo contrario es necesario un verdadero milagro de Dios, pero Dios cuando llega a ayudar, lo primero que exige es que cada uno esté haciendo con entusiasmo y esmero lo que tiene que hacer.

Amable lector, quiero poner a prueba lo que estoy afirmando para saber si es cierta o no la afirmación de que si el progreso no nos llega es

porque no se encuentran personas dispuestas a cumplir sus deberes con entusiasmo y hasta con sacrificio. Llame a uno de sus colaboradores y dígame: consulte en la enciclopedia y hágame el favor de sacarme un resumen de la biografía de Correggio.

¿Cree usted que su ayudante le dirá "Si señor, por supuesto, ahora mismo" y se irá enseguida a hacer el resumen de la biografía?

Pues probablemente no. Le echará a usted una mirada vaga y empezará a preguntarle:

- ¿Quién era él, en que enciclopedia busco eso?
- Yo creo que Carlos está más capacitado que yo para hacer ese trabajo.
- ¿Necesita de urgencia ese escrito, o lo podemos dejar para la semana entrante?
- ¿Quiere que le traiga el libro y saca usted mismo ese resumen?

Hay muchas probabilidades de que después de haberle usted respondido a todas estas preguntas, su prodigioso ayudante se retirará y buscará a otro empleado para que se encargue de llevar aquella "carta a García", y regresará luego a informarle que no existe por allí cerca ningún valiente que quiera encargarse de tal oficio.

Casi le apuesto a que así va a suceder. Puede ser que yo pierda mi apuesta, pero si las leyes de los promedios no fallan, probablemente no la voy a perder.

Si no quiere complicarse la vida, no va a perder más tiempo explicándole al otro que Correggio se busca en la C y no en la K, y otros detalles más, sino que se sonreirá y suavemente le dirá: dejemos eso, y buscará usted mismo lo que deseaba y hará por su cuenta el resumen de la biografía.

Esta incapacidad para la acción independiente, para la iniciativa personal, este no hacer trabajar la propia inteligencia, esta flojera de voluntad, esta desgana impresionante para resolver por sí mismo los obstáculos, es lo que retarda el bienestar colectivo de la sociedad y no deja a los individuos llegar al éxito. Si ni siquiera cuando se trata de conseguir provechos personales la gente está dispuesta a buscar soluciones y a derrochar energías y tiempo por obtener las soluciones. ¿Qué será cuando se trata de conseguir éxitos para su empresa o nación?

Qué lástima que a muchos lo único que les hace trabajar es la mirada amenazadora y la voz tormentosa del capataz o del vigilante del grupo. Parece haber olvidado la consigna bíblica "Que el que trabaja en servicio de otros no haga su oficio solo porque lo están viendo y por lo que puedan opinar las personas humanas, sino con todo el corazón, porque quiere tener contento a Dios." (col 3,23).

Me decía el jefe de una gran oficina: ¿ve a ese contador? Es un gran matemático. Pero si lo envío a cualquier agencia, por el camino entrará a una cantina y se emborrachará. ¿Cómo podrá encomendarse a un individuo semejante carta a García?

En los últimos tiempos es frecuente oír con gran simpatía del pobre trabajador víctima de la explotación industrial, del hombre honrado, sin trabajo, que por todas partes busca inútilmente emplearse. Y a todo esto se mezclan palabras duras contra los que están arriba, y nada se dice del jefe de industria que envejece prematuramente luchando en vano por enseñar a ejecutar a otros un trabajo que ni quieren aprender ni les importa; ni de su larga y paciente lucha con colaboradores que no colaboran y que sólo

esperan verlo volver la espalda para malgastar el tiempo. En todo almacén, en toda fábrica, hay una continua renovación de empleados. El jefe despide a cada instante a individuos incapaces de impulsar su industria y llama a otros a ocupar sus puestos. Con la sola diferencia de que cuando hay escasez de trabajo la selección se hace mejor; pero en todo tiempo y siempre el incapaz es despedido; la ley de la supervivencia de los mejores se impone. Por interés propio todo patrono conserva a su servicio a los más hábiles: aquellos capaces de llevar la carta a García.

Conozco a un hombre de facultades verdaderamente brillantes, pero inhábil para manejar sus propios negocios y absolutamente inútil para gestionar los ajenos, porque lleva siempre consigo la insana sospecha de que sus superiores lo oprimen o tratan de oprimirlo. Ni sabe dar órdenes ni sabe recibirlos. Si se enviara con él la carta a García, contestaría muy probablemente: llévela usted.

Hoy este hombre vaga por las calles en busca de oficio, mientras el viento silba al pasar entre las hilachas de su vestido. Nadie que lo conozca

se atreve a emplearlo por ser él un sembrador de discordias

Comprendo que un hombre tan deformado moralmente merece tanta compasión como si lo fuera físicamente; pero al compadecerlo recordemos también a aquellos que luchan por sacar triunfante una empresa, sin que sus horas de trabajo estén limitadas por el reloj checador, y cuyo cabello se torna prematuramente blanco en la lucha tenaz por conservar sus puestos a individuos de indiferencia glacial, imbéciles e ingratos que le deben a él el pan que se comen y el hogar que los abriga. ¿Habré exagerado demasiado? Puede ser; pero cuando todo el mundo habla de los trabajadores, así, sin distinción ninguna; quiero tener una frase de simpatía para el hombre que logra éxito; para aquél que luchando contra todos los obstáculos, dirige los esfuerzos de los otros, y cuando ha triunfado, sólo obtiene por recompensa —si acaso— pan y abrigo. Yo también he trabajado a jornal y me he hecho la comida con mis propias manos; he sido patrono y puedo juzgar por experiencia propia y sé que hay mucho que decir de parte y parte. La pobreza no da exce-

lencia por sí sola; los harapos no son recomendación; no todos los patronos son duros y rapaces, ni todos los pobres son virtuosos.

Mi corazón está con aquellos obreros que trabajan lo mismo cuando el capataz está presente que cuando está ausente. Y el hombre que se hace cargo de una carta para García y la lleva tranquilamente sin hacer preguntas idiotas, y sin la intención perversa de arrojarla en la primera alcantarilla que se encuentra al paso, y sin otro objetivo que llevarla a su destino; a este hombre jamás se le despedirá de su trabajo, ni tendrá jamás que entrar en huelga para obtener un aumento de salario. La civilización es una lucha prolongada en busca de tales individuos. Todo lo que un hombre de esta clase pida, lo tendrá; lo necesitan en todas partes; en las ciudades, en los pueblos, en las aldeas, en las oficinas; en las fábricas; en los almacenes. El mundo los pide a gritos, el mundo está esperando siempre ansioso el advenimiento de hombres capaces de llevar la carta a García.

El mundo confiere su mejores premios tanto en honores como en dinero, a una sola cosa: a la iniciativa.



¿Sabías que...

...el asfalto es el material ideal para ciclovías?

Todas las ventajas del asfalto para carreteras también son relevantes para las ciclovías. Como las bicicletas no tienen las suspensiones avanzadas de los vehículos de motor, las ventajas de la comodidad de la planicidad y la uniformidad son aún más importantes, al igual que las de la superficie de agarre para mayor seguridad. El aspecto visual mejorado para la delineación con asfaltos de colores ayuda a mantener separados a los ciclistas y conductores. La capacidad de colocarse rápidamente en áreas restringidas permite una construcción y mantenimiento rápidos.

Fuente: asphaltadvantages.com



TRA SENDA INGENIERÍA, S A DE CV

proyecto + construcción + supervisión



...en el camino

www.trasenda.com.mx

ingenieria@trasenda.com.mx

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

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



www.megaasfaltos.com.mx

CARRETERA LIBRE SALAMANCA - CELAYA KM. 85.3

SALAMANCA GTO.

TEL. (464)647 14 18

repcion@megaasfaltos.com.mx

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



EMS TECH Electromechanical Servoactivation Technology



T (+52 55) 5532 0799 - 5532 0722

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

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

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

info@controls.com.mx

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

www.controls.com.mx

ENERGÍA

COMBUSTIBLE ALTERNO PARA
CALDERAS Y QUEMADORES
COMBUSTIBLE PESADO
TRANSPORTE ESPECIALIZADO DE
PETROLÍFEROS
**LOCALIZACIÓN SATELITAL EN TIEMPO
REAL PARA LOS CUERTOS**

www.gmarca.com

VÍAS

TERRESTRES

ASFALTOS NACIONALES E IMPORTADOS
ASFALTOS MODIFICADOS TRADICIONALES Y DE
ALTO DESEMPEÑO PARA AEROPUERTOS /
AUTOPISTAS DE ALTO FLUJO
EMULSIONES ASFÁLTICAS
CONVENCIONALES Y DE ALTO DESEMPEÑO PARA
APLICACIONES O EQUIPOS ESPECIALES
ADITIVOS: PROMOTOR DE ADHERENCIA,
REJUVENECEDOR DE PAVIMENTOS, PARA FABRICACIÓN DE
MEZCLAS TIBIAS, ANTIOXIDANTE
ASFALTO TRANSPARENTE Y COLORANTES ASFÁLTICOS
LABORATORIO NIV. II AMAAC PARA DISEÑOS DE MEZCLA Y
VERIFICACIÓN DE CALIDADES
ESTABILIZADOR IÓNICO DE SUELOS, ESPECIAL PARA CAMINOS
SECUNDARIOS Y TRATAMIENTO DE BASES
RENTA DE EQUIPO PARA RIEGOS ASFÁLTICOS:
PETROLIZADORAS, RIEGO SINCRONIZADO
RENTA DE MAQUINARIA PARA CONSTRUCCIÓN

GMC

- GRUPO MULTISERVICIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN -

MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN

PINTURA ARQUITECTÓNICA VINIL-ACRÍLICA
IMPERMEABILIZANTES ELASTOMÉRICOS
ESMALTES ALQUIDÁLICOS ANTICORROSIVOS
PINTURA PARA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL BASE AGUA O SOLVENTE Y MICROESFERA
RECUBRIMIENTOS EPÓXICOS INDUSTRIALES Y CERTIFICADOS FDA
REPARADORES DE CONCRETO
RECUBRIMIENTOS ACRÍLICOS PARA SUPERFICIES DEPORTIVAS
SELLADORES PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
SELLADOR LÍQUIDO O DERRETIBLE PARA GRIETAS
MEZCLA EN FRÍO PARA BACHEO

CAT 018007171800

SOLUCIONES
ASFÁLTICAS

HELLOS

VISAL

ErgonArmor

petrien

DOCTOR
BACH

GRAVELOCK
Soil Consolidation Aid

SEAL FLEX

OMNI

SMEDT