

ASFÁLTICA

REVISTA TÉCNICA



pavimentar es un arte

- ☞ **Lechadas bituminosas menos sonoras**
- ☞ **Análisis y evaluación del efecto de la modificación de mezcla asfáltica con fibras acrílicas**
- ☞ **Mezclas asfálticas drenantes**



**EXPERTOS EN
PAVIMENTOS DE
LARGA DURACIÓN**



**TECNOLOGÍA EN PAVIMENTOS Y
MATERIALES ASFÁLTICOS**

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



PAVE DOCTOR PLUS



TECNOLOGÍA DE EVALUACIÓN CONTINUA DE PAVIMENTOS

» Pave Doctor Plus

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

» Auscultación y Gestión de Pavimentos

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

ViaFriction^{patented}

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



www.innova3.com.mx

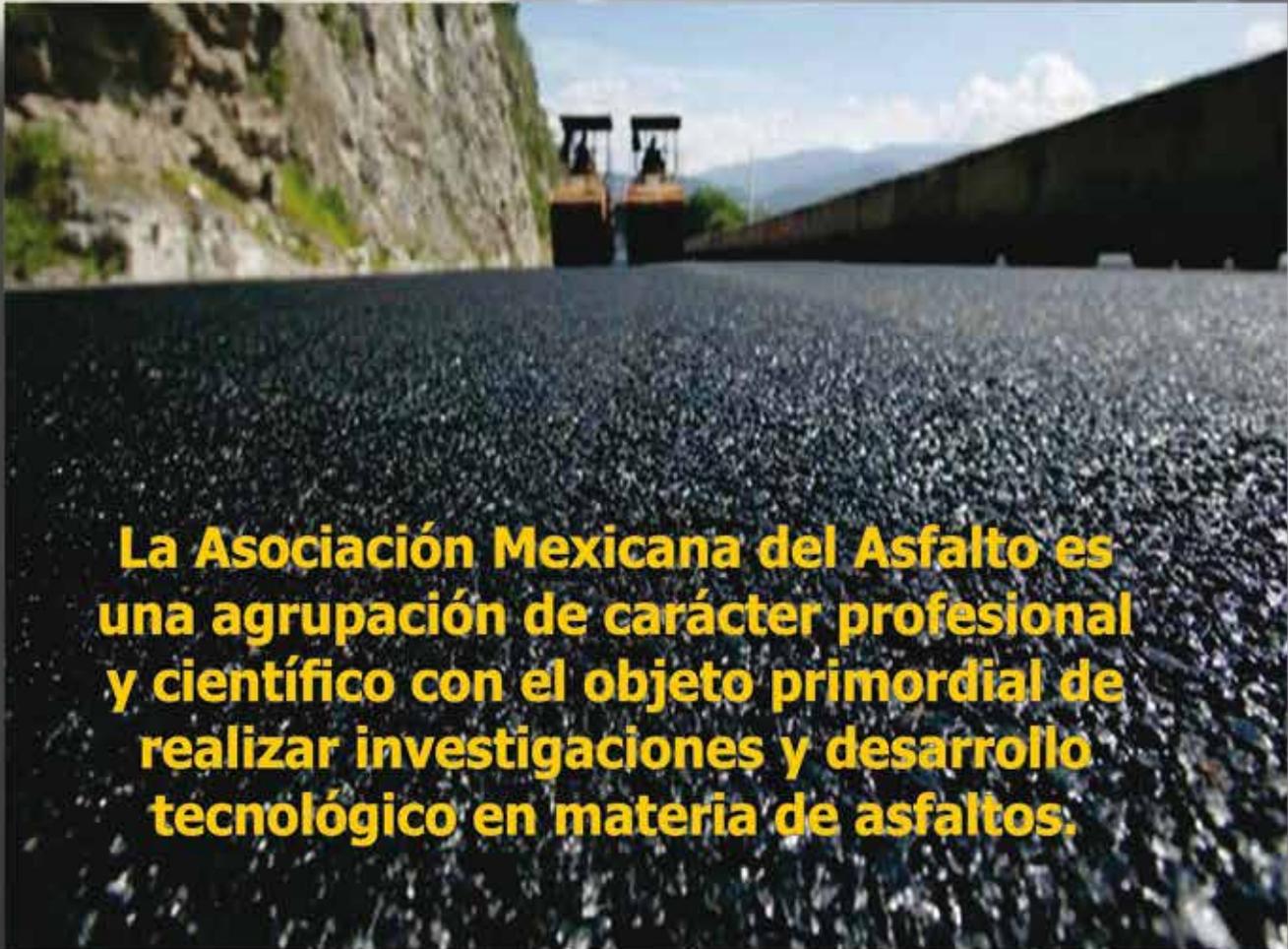
CIENCIA APLICADA A LOS PAVIMENTOS

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

¡Infórmate!



**Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.**



La Asociación Mexicana del Asfalto es una agrupación de carácter profesional y científico con el objeto primordial de realizar investigaciones y desarrollo tecnológico en materia de asfaltos.

¡Afíliate!



www.amaac.org.mx

Sumario

- 6** Lechadas bituminosas menos sonoras
- 14** Amor, paz y... asfalto
- 17** Análisis y evaluación del efecto de la modificación de mezcla asfáltica con fibras acrílicas
- 27** Mezclas asfálticas drenantes
- 38** Empleo de la herramienta del polígono de vacíos para el diseño de mezclas asfálticas en caliente con incorporación de RAP
- 49** Preservación de la integridad del pavimento con tratamiento superficial
- 51** Las bases del liderazgo

Presidenta

Verónica Flores Déleon

Vicepresidentes

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

Secretario

Luis Eduardo Payns Borrego

Tesorero

Abel René Ortega Osorio

Vocales

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

Comité de Vigilancia

Leonardo Nahle Ortiz
Ricardo Rives Robles
Alejandro Jiménez Cabrera

Comisión de Honor

Fernando Pérez Holder
Roberto Garza Cabello
Ignacio Cremades Ibáñez

Director General

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

Diseño y formación

Lizbeth de Lucio



Editorial

Estimados socios y amigos de AMAAC:



Concluye la gestión del Noveno Consejo Directivo, inicia un nuevo ciclo. Después de dos años al frente de este distinguido gremio les comparto un breve resumen de las acciones e iniciativas que hemos alcanzado.

Con respecto a la capacitación, principal actividad de AMAAC, se impartieron 26 seminarios en 14 ciudades, en el norte, centro y sur del país, con los temas de generalidades de los diferentes Protocolos; Diseño de mezclas densas de alto desempeño; Reciclado de pavimentos; Capas de rodadura; Emulsiones y Control de Calidad, así como los distintos cursos que de manera recurrente se dan a laboratoristas y técnicos; todo esto sumando un total de 2500 asistentes.

Se instaló el Consejo Técnico Permanente con el propósito de guiar a los Comités Técnicos y fortalecerlos hacia una visión de mejora continua; se iniciaron los trabajos del nuevo Comité Técnico de Reciclado de Pavimentos, a su vez dividido en cuatro sub-comités, quienes deberán documentar las recomendaciones para estas metodologías, ya cada vez más utilizadas.

Logramos convenios de colaboración con diferentes instituciones con el firme propósito de realizar actividades conjuntas tanto de difusión, capacitación y mejor posicionamiento ante los diferentes públicos, tal es el caso de la Universidad Autónoma de Baja California, la FEMCIC, la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, la alianza FiiDEM, Analisec y la Sociedad Mexicana de Ingenieros Administradores. Sumamos sinergias con asociaciones técnicas y otras instituciones, realizando actividades conjuntas, tal es el caso de AMIVTAC, el Colegio de Ingenieros Civiles de México, el Colegio de Ingenieros Civiles de Jalisco y el Colegio de Ingenieros Civiles de Mexicali.

Se estableció una mesa de trabajo con la participación de Pemex, SCT y AMAAC, en donde de manera recurrente revisamos las necesidades y las tendencias de la industria con una visión compartida en beneficio de la calidad de los asfaltos, su suministro y los procesos requeridos. Igualmente hemos integrado la participación de los Distribuidores.

Nos acercamos con las Juntas Estatales de Caminos y Gobiernos Estatales, tal es el caso de Sonora y Tabasco, estrechando la vinculación e impartiendo capacitación hacia necesidades puntuales.

Se impartió la séptima edición consecutiva del Programa de Alta Dirección IPADE-AMAAC, con la participación de nuestros socios y allegados, lo que ha sumado un total de 161 participantes.

La vinculación con Universidades se dio de manera efectiva con la impartición de más de 20 conferencias, tanto en universidades públicas como privadas, la creación de capítulos estudiantiles, la donación de equipos de laboratorio y las visitas técnicas a Plantas de Asfalto y tramos carreteros en construcción; asimismo se fortalecieron las redes sociales y la mejora de nuestra página web, asegurando una mejor comunicación e interacción con las nuevas generaciones.

También se participó en difusión en medios, tanto en entrevistas de radio y diferentes participaciones con medios locales. Se inició con una campaña de posicionamiento de los pavimentos asfálticos, comunicando los beneficios económicos, sociales y ambientales que traen consigo, dirigida a los diferentes públicos usuarios.

Como parte de las acciones de visión prospectiva se llevó a cabo la sesión 2026 “Construyendo el futuro de AMAAC”, con la participación del Noveno Consejo, expresidentes, integrantes del Décimo Consejo, la Comisión de Vigilancia y algunos invitados especiales, en donde se revisaron las necesidades futuras inmediatas del sector y la incidencia de AMAAC asegurando así su posicionamiento y consolidación.

Estimados amigos, ha sido un gran privilegio poder aportar en beneficio de la AMAAC y de la industria del asfalto, con la firme convicción de que solo la investigación, la apuesta por la innovación, el cabal seguimiento a los procesos y la mejora continua seguirán siendo el valor agregado de esta Asociación al servicio de la calidad de nuestras vías terrestres.

Deseamos mucho éxito al próximo Consejo Directivo, pues con el gran talento, el cúmulo de experiencia y la vocación de servicio que distingue a los integrantes de AMAAC, seguiremos incidiendo en el buen hacer de nuestros pavimentos.

Mi agradecimiento a todos por su gran apoyo y confianza durante estos dos años.

Ing. Verónica Flores Déleon
Presidenta del Noveno Consejo Directivo



El apenino

Eugenio Landesio (1810-1897)

Pintor italiano, activo en México y dedicado al paisaje histórico. Fue profesor de paisaje en la Academia de San Carlos donde también escribió un tratado de perspectiva, el cual aún es utilizado por diversos pintores.

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

Lechadas bituminosas menos sonoras

Asfaltos y Construcciones ELSAN S.A.
Laboratorio de Acústica Aplicada a la
Ingeniería Civil de la Universidad
de Castilla-La Mancha (UCLM)
Proyecto Fénix

Introducción

A finales del año 2006 y en la 2ª Convocatoria del Programa CENIT del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, se presentó un Proyecto de Investigación bajo el título: “Investigación en nuevos conceptos de carreteras más seguras y sostenibles (Proyecto Fénix)”. Este Proyecto fue aprobado por CDTI en el año 2007, para su desarrollo en cuatro años (2007-2010). El Proyecto Fénix representa el mayor esfuerzo en I+D puesto en marcha en Europa en el área de la pavimentación de carreteras.

El proyecto, de cuatro años de duración, se estructura en 12 líneas de investigación originales que van desde el desarrollo de nano materiales activos en la reducción de emisiones de los vehículos, al desarrollo de nuevas tecnologías de producción en plantas asfálticas más eficientes energéticamente, al desarrollo de nuevas mezclas asfálticas obtenidas mediante procedimientos más amigables con el medio ambiente y más seguras ante el riesgo de accidentes, al desarrollo de sistemas proactivos en la seguridad integrados en la carretera o en el aprovechamiento energético de la irradiación solar sobre el pavimento asfáltico o la regulación de un sistema urbano de drenaje sostenible constituido por un pavimento filtrante.

La tarea está dividida en cinco grandes grupos de actividades que determinan las líneas de investigación que se están desarrollando. Estas actividades son las siguientes:

1. Pavimentos más silenciosos
2. Pavimentos más seguros
3. Seguridad proactiva en las carreteras
4. Sistemas ITS integrados en el pavimento
5. Ensayos de adherencia con vehículos instrumentalizados

En concreto y dentro de la primera actividad, relativa a pavimentos más silenciosos, una de las líneas de investigación es la definición de lechadas asfálticas menos ruidosas. El objetivo de esta comunicación es describir el trabajo de investigación proyectado, cómo se está desarrollando el mismo y los primeros resultados que se están obteniendo.

Ruido de rodadura, definición y generación

El ruido producido por el tráfico rodado es la suma de los distintos tipos de emisiones procedentes de cada uno de los vehículos que circulan por una misma carretera. Cada vehículo tiene diferentes fuentes de emisión que combinadas dan el nivel total del ruido generado por un vehículo.

Las principales fuentes de ruido en el tráfico rodado son las siguientes:

- Propulsión del vehículo, en las que interviene el motor, la transmisión, el sistema de admisión y escape de gases, los frenos y la suspensión.
- Ruido aerodinámico o de turbulencias originado por la interacción de la carrocería del vehículo y el aire. Depende de la forma de la carrocería y aumenta con la velocidad. Se suele medir en túneles de viento, con el motor parado, con objeto de estudiar específicamente esta fuente de ruido.
- Ruido de rodadura originado por la interacción de la llanta con la superficie de la carretera.

Un factor importante que influye directamente en la generación del ruido producido por el tráfico en movimiento es la velocidad del vehículo. Como norma general se puede indicar que para los vehículos ligeros actuales, circulando hasta 40 km/h, la influencia en la generación del ruido es predominantemente de tipo mecánico, siendo el ruido de rodadura a velocidades superiores. Este límite es de 70-80 km/h para vehículos pesados. En la tabla siguiente se muestran porcentajes de contribución al ruido total con un pavimento de mezcla asfáltica convencional.

Tabla 1. Fuentes ruido y su intensidad

Fuente de ruido	V= 50 km/hr		V= 80 km/hr	
	Vehículos ligeros	Vehículos pesados	Vehículos ligeros	Vehículos pesados
Motor	20-50%	10-80%	15-35%	50-70%
Transmisión	5-35%			
Tubo de escape	15-35%	20-60%		
Ventilador/radiador	0-30%	0-65%		
Admisión/escape	10-35%	0-10%		
Rodadura	10-15%	10-15%	65-85%	30-50%

Otro factor importante que influye directamente en el ruido de rodadura es el tipo y estado del neumático del vehículo. Así mismo, tanto en la generación como en la propagación del ruido hay factores externos que también influyen, siendo las condiciones meteorológicas (lluvia, viento, temperatura, etc.) el factor externo que mayor influencia tiene.

Se puede concluir que el ruido de rodadura es resultado de una compleja interacción entre el neumático y la superficie de rodadura. Como ya se ha comentado, es la mayor causa del ruido de tráfico, particularmente en vehículos que circulan a velocidades medias y altas. Con el objetivo de diseñar pavimentos más silenciosos es necesario conocer los mecanismos que gobiernan la generación y propagación de este tipo de ruido.

Los mecanismos de generación de ruido de rodadura se suelen clasificar en dos grupos: vibratorios y aerodinámicos.

Los mecanismos vibratorios comprenden los impactos y la adhesión neumático-pavimento. Las vibraciones se deben al choque del relieve del neumático contra el pavimento; son vibraciones locales tanto normales como tangenciales con respecto al eje de giro del neumático. Suelen ser la causa de las emisiones de ruido a bajas frecuencias (<1000Hz) y son importantes en el caso de superficies de rodadura rugosas (alta macrotextura).

Las vibraciones de tipo radial se originan en el relieve del neumático al “contactar/abandonar” el pavimento. Estos relieves se comprimen/descomprimen más o menos debido al impacto, en función de la velocidad del vehículo y la rigidez de los compuestos de la goma de los que están fabricados.

Las vibraciones de tipo tangencial se producen por la deflexión de los pliegues de relieve del neumático, como en el caso de las radiales, pero en la dirección de marcha.

Además, también existen las vibraciones en las partes laterales de los neumáticos que sufre la alternancia de compresiones y de expansiones en función de la estructura del neumático, la carga por eje y la presión de inflado.

Estas vibraciones, aun en el caso de generar menos energía sonora que las radiales, pueden tener importancia cuando se producen fenómenos de resonancia acústica.

Los mecanismos de adhesividad neumático-pavimento corresponden al efecto pegado-despegado (efecto stick-snap) similar al efecto ventosa, entre la superficie del pavimento y el relieve del neumático. Por otro lado también se producen deflexiones tangenciales del relieve del neumático en el contacto con el pavimento al derrapar ligeramente (efecto stick-slip).

Los mecanismos generadores de vibraciones toroidales se producen por la ondulación de los cinturones de la carcasa de refuerzo del neumático al contactar con el pavimento.

Los mecanismos aerodinámicos (air pumping) corresponden al bombeo del aire debido a la compresión y expansión del aire atrapado en las cavidades originadas en la zona de contacto limitadas por

la banda de rodadura del neumático y la superficie del pavimento.

Todos estos mecanismos son responsables del incremento y reducción del ruido de rodadura. Principalmente están compuestos por el efecto diedro (bocina), el efecto de la impedancia acústica (comunicación de cavidades entre pequeñas cámaras de aire y tubos) y la resonancia toroidal de la carcasa del neumático. Estos mecanismos son los responsables de las frecuencias medias y altas (>1000Hz) del ruido de rodadura. El nivel de ruido producido en el bombeo de aire aumenta cuando las superficies de las capas de rodadura son lisas y disminuyen cuando son rugosas dentro de un cierto límite que corresponde a macrotexturas con longitud de onda $\lambda \leq 10$ mm.

Una propiedad importante de la capa de rodadura de un firme, desde el punto de vista de la sonoridad, es la absorción acústica, que interviene tanto en la emisión como en la propagación del ruido. Cuando una onda sonora choca contra una superficie dura, se refleja con casi toda la energía incidente; esto es lo que suele ocurrir con las rodaduras convencionales formadas por mezclas asfálticas de los tipos densas o semidensas, tratamientos superficiales o por pavimentos de hormigón.

Otra característica muy importante de un pavimento es la textura superficial, evaluada por los parámetros definidos como microtextura y macrotextura, que son determinantes en la comodidad y seguridad de los usuarios, por su influencia en la resistencia al deslizamiento y por su influencia en la generación del ruido de rodadura y la absorción acústica del pavimento, según que la macrotextura sea positiva o negativa. La mayor absorción acústica se produce en pavimentos con elevada macrotextura de tipo negativa (mezclas porosas).

Lechadas asfálticas. Sonoridad y absorción acústica

Los tratamientos superficiales con lechadas bituminosas para la renovación superficial de pavimentos forman una familia de materiales muy conocida y desarrollada técnicamente, con unas excelentes prestaciones para la impermeabilización de firmes envejecidos o para conseguir pavimentos resistentes al deslizamiento.

MADISA[®] **CAT[®]**

Innovando en el Mantenimiento de Carreteras

Tecnología de Punta a su Servicio



CONTÁCTANOS

01 800 26 30146

www.madisa.com



Las lechadas asfálticas, especialmente las más gruesas, por su elevada macrotextura de tipo positivo, son pavimentos con un elevado ruido de rodadura y una baja absorción acústica. En este sentido, en estudios y pruebas realizadas con distintos tipos de pavimentos, al medir el ruido de rodadura en el exterior del vehículo a una distancia de 7,50 metros del mismo, mientras que con una mezcla asfáltica porosa (pavimento con baja sonoridad) se obtienen valores entre 69 y 76 dB (en estas mezclas el ruido de rodadura depende, principalmente, del espesor de la capa, del contenido en huecos de la mezcla y del tamaño máximo del agregado), con una mezcla asfáltica convencional los valores del ruido de rodadura varían entre 74 y 79 dB, para un tratamiento con lechada asfáltica dicho ruido en el exterior del vehículo oscila entre 74 y 82 dB.

Esta elevada sonoridad de las lechadas asfálticas, junto con los problemas de tiempo de curado y apertura al tráfico que tienen estos tratamientos, han limitado su utilización en muchas carreteras, especialmente en zonas urbanas o suburbanas, a pesar de ser una técnica de pavimentación con una relación calidad precio muy alta y que permite obtener unos pavimentos muy seguros.

Por este motivo, en el Proyecto Fénix se ha planteado, dentro de la tarea denominada Seguridad y Confort de los pavimentos, la investigación de un tipo de lechada asfáltica que permita acortar el tiempo de curado y su apertura al tráfico y que, de manera especial, permita reducir el ruido de rodadura producido por las llantas de los vehículos sobre esta superficie. Las dos líneas de investigación paralelas puestas en marcha, con este fin, son las siguientes:

- Obtener un tipo de ligante, en forma de emulsión asfáltica, que permita disminuir la cantidad de agua de preenvuelta necesaria para fabricar las lechadas asfálticas y que desarrolle valores elevados de la cohesión a muy corto plazo, permitiendo abrir al tráfico el tratamiento en muy corto tiempo, disminuyendo o incluso eliminando las retenciones de tráfico en vías de elevada IMD.
- Estudiar la incorporación de polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso, sustituyendo una parte del agregado que constituye la lechada asfáltica. Las posibles ventajas de

esta nueva técnica de pavimentación serían: una buena textura, un nivel de sonoridad menor y posiblemente un comportamiento aceptable en condiciones de bajas temperaturas al facilitar la rotura de las capas delgadas de hielo por el paso de los vehículos sobre una capa muy flexible como podría ser la obtenida con estas lechadas asfálticas con polvo de caucho de neumáticos fuera de uso.

Lechadas asfálticas con polvo de caucho de neumáticos fuera de uso (NFU)

La utilización de polvo de caucho de neumáticos fuera de uso (NFU) en las técnicas asfálticas de pavimentación, especialmente con las mezclas asfálticas en caliente, está muy desarrollada y son conocidas las ventajas que aporta. En el mes de mayo del año 2007, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) ha publicado un documento denominado: “Manual de Empleo de Caucho de NFU en Mezclas Asfálticas”, que recoge el estado del arte, en cuanto a conocimientos y experiencia en España. En las técnicas en frío, como es el caso de las lechadas asfálticas, la mejora que produce la incorporación del polvo de caucho al asfalto se puede obtener en la fabricación de la emulsión, es decir, la denominada vía húmeda. En el caso de utilizar la denominada vía seca, incorporación del polvo de caucho directamente en la mezcla, al realizarse a temperatura ambiente, no hay reacción entre el caucho y el ligante, actuando el polvo de caucho exclusivamente como una fracción más del agregado utilizado. En este sentido y buscando su influencia en la generación de ruido de rodadura, el tamaño del polvo de caucho que se ha elegido y utilizado, después de los primeros estudios, es de 2 a 4 mm. Esta es la línea de investigación que se está desarrollando en el Proyecto Fénix.

Trabajo de laboratorio

El trabajo en laboratorio se ha planteado de acuerdo con las líneas siguientes:

- Compatibilidad del polvo de caucho con el ligante en forma de emulsión.
- Estudio de la influencia del tamaño del polvo de caucho de NFU.

- Diseño a nivel de laboratorio de distintos tipos de lechadas asfálticas, de las prescritas en el Artículo 540 del vigente PG-3, incorporando polvo de caucho de NFU, de tamaño de 2 a 4 mm., y utilizando como ligante emulsiones convencionales de los tipos ECL-2d y ECL-2dm (Artículos 213 y 216 del PG-3) y una emulsión sintética de color rojo. La cantidad de polvo de caucho incorporado varía entre el 5 y el 10% en peso de agregado.
- Diseño de lechadas asfálticas con la incorporación de polvo de caucho de NFU en cantidades sensiblemente mayores de las utilizadas en los diseños anteriores. Utilización de granulometrías del agregado no incluidas en la normativa vigente.
- Análisis de los resultados obtenidos y nuevas líneas de investigación.



Figura 1. Lechada asfáltica.

Los dos primeros apartados se desarrollaron en el año 2007. El diseño de lechadas asfálticas se inició a finales de 2007 y se ha completado en el primer semestre de 2008.

En el segundo semestre de 2008 y el primero de 2009 se está realizando el estudio de nuevos tipos de lechadas asfálticas con un contenido de polvo de caucho de NFU sensiblemente mayor (hasta el 30% en peso de agregado).

Por último, está previsto durante el segundo semestre de 2009 analizar los resultados obtenidos y plantear posibles nuevas líneas de investigación para completar el trabajo en 2010.

Tramos de ensayo

A partir de los buenos resultados obtenidos en el laboratorio, se ha planteado la necesidad y convenien-

cia de realizar tramos de ensayo a escala real para comprobar la posibilidad de fabricación y puesta en obra de las lechadas asfálticas con polvo de caucho de NFU diseñadas en el trabajo de investigación.

En esta línea, en mayo de 2007 se realizaron unos primeros tramos de ensayo con ligante sintético de color rojo, con un agregado de granulometría tipo LB-4 de las prescritas en el Artículo 540 del PG-3 y utilizando polvo de caucho de NFU de dos tamaños diferentes, de 0,0 a 1,5 mm y de 1,5 a 4,0 mm. Se fabricaron tres tipos de lechadas, sólo con polvo de caucho fino, sólo con polvo grueso y con una mezcla al 50% de ambos tipos de polvo de caucho.

Los resultados fueron en todos los casos buenos y confirmaron la conveniencia de utilizar exclusivamente el polvo de caucho de NFU grueso.

En junio de 2008, una vez obtenida a nivel de laboratorio la fórmula de trabajo de la lechada asfáltica con polvo de caucho de NFU por vía seca, se realizó un nuevo tramo de ensayo, en las instalaciones de Asfaltos y Construcciones ELSAN S.A. en Arganda del Rey, en los viales de acceso a la planta de fabricación de mezcla asfáltica en caliente. La lechada asfáltica diseñada fue del tipo LB-2 (Artículo 540 del PG-3) con emulsión tipo ECL-2dm y con la incorporación del 7% de polvo de caucho de NFU (de granulometría de 2 a 4 mm) en peso de agregado.

Se extendieron dos tramos contiguos, en un caso con la incorporación de polvo de caucho y en el otro sin él.

El paso siguiente ha sido la realización de un tramo de ensayo en una carretera convencional, formando parte de un tratamiento generalizado con lechada asfáltica, lo que nos ha permitido medir el ruido de rodadura que se produce sobre este material y su comparación con los valores de dicho ruido sobre otros tipos de pavimento en la misma carretera.

En los meses de junio y julio de 2008 Asfaltos y Construcciones ELSAN S.A. ha realizado un trabajo de pavimentación con lechada bituminosa del tipo LB 3 y emulsión ECL-2m (modificada con polímeros) en la carretera CM-4106, entre los P.K. 54,700 y 70,100, que corresponde entre las poblaciones de Horcajo de los Montes y Alcoba, en la provincia de Ciudad Real. La obra se ha ejecutado por encargo de la empresa CONTRATAS LA MANCHA, responsable de la conservación de la misma.

Para la ejecución del tramo de ensayo se solicitó la autorización correspondiente a la Administración propietaria de la carretera CM-4106, que pertenece a la Red Comarcal de Carreteras de la Dirección General de Carreteras de la Consejería de Ordenación del Territorio y Vivienda de la Junta de Castilla – La Mancha, habiendo recibido toda la colaboración e interés de la Delegación Provincial de Carreteras de Ciudad Real de la citada Consejería.

El paso siguiente ha sido medir el ruido de rodadura en diversos tramos de la citada carretera CM-4106 con técnicas de pavimentación diferentes. Este trabajo ha sido desarrollado por el Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil (LA2IC) de la Universidad de Castilla – La Mancha (UCLM) que participa en el Proyecto Fénix como Organismo Público de Investigación (OPI).

Ruido de rodadura en diversos tramos de la carretera CM-4106

Se han llevado a cabo diferentes campañas de medida en ciertos tramos situados en la CM-4106 de la provincia de Ciudad Real para realizar la auscultación acústica geo-referenciada con la cámara semia-necoica TireSonic MK4-LA2IC. El fin es caracterizar el ruido de interacción neumático/pavimento de diferentes capas de rodadura.

La longitud total de auscultación en diversos tramos es de unos 18 km, entre los pueblos Horcajo de los Montes (PK 54) y El Robledo (PK 92). En esta zona de ensayo nos encontramos mezclas y tratamientos superficiales diferentes.

Estas medidas fueron llevadas a cabo el 1 de Octubre de 2008: dos meses después de la puesta en obra de un tramo experimental con lechada asfáltica LB-3 con polvo de caucho procedente de NFU situado en torno al PK 68 de la citada vía.

Este estudio de auscultación en los tramos de ensayo se ha completado con campañas de medida de textura geo-referenciada (macrotextura) y medidas en laboratorio de la absorción acústica de diferentes testigos de lechadas asfálticas, con y sin polvo de caucho, elaborados por ELSAN, y de testigos extraídos de tramos de ensayo experimentales.

Uno de los objetivos finales de este estudio es conseguir la mejora y optimización del comportamiento acústico de las lechadas asfálticas. Para ello es imprescindible conocer los mecanismos involu-

crados en la generación y emisión sonora de las capas de rodadura estudiadas, y fundamentalmente de las lechadas asfálticas con y sin polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).

Se han realizado medidas sobre las siguientes capas de rodadura:

- MBC “antigua”.
- LB-3 “nueva”.
- LB-3 “nueva” con polvo de caucho procedente de NFU.
- MBC “nueva”.
- LB-3 “antigua”.

Las medidas sobre capas de rodadura de mezclas asfálticas nos han permitido comparar el comportamiento acústico de éstas con las lechadas, o utilizarlas como referencia.

Para realizar las medidas de campo se ha utilizado una metodología y equipos puestos a punto en el LA2IC para medir exclusivamente las características acústicas de las capas de rodadura en carretera (sonido exclusivamente de rodadura), para realizar auscultación acústica de carreteras y para la clasificación acústica de las mezclas bituminosas y los tratamientos superficiales.

Se han medido los niveles sonoros en campo próximo (sonido de rodadura), LCPtr, a una velocidad de referencia de 80 km/h y con uno de los neumáticos de referencia utilizados por el LA2IC en numerosas investigaciones: el Pirelli P6000.

Como algunos de los resultados fundamentales de esta investigación señalaremos que:

- Se ha medido una reducción en los niveles sonoros globales, LCPtr (Niveles del sonido de rodadura), superiores a 1,5 dB(A) para la lechada LB-3 con un 7% de polvo de caucho de NFU con respecto al mismo tipo de lechada asfáltica sin la adición de polvo de caucho. En algunos de los subtramos estudiados, esta diferencia entre lechadas “nuevas” con y sin polvo de caucho llega a ser superior a 2,5 dB(A). Los estudios preliminares de la macrotextura en los tramos de ensayo indican que este resultado no es debido a una mayor macrotextura en las lechadas sin polvo de caucho.

- Los niveles sonoros globales, LCPtr (Niveles del sonido de rodadura), registrados en el tramo experimental con la lechada LB-3 con un 7% de polvo de caucho de NFU son comparables a los niveles globales registrados en una mezcla bituminosa, que hemos denominado MBC “antigua”. En algún tramo en curva, los niveles sonoros asociados a la MBC “antigua” son superiores en 1,5 dB(A) a los obtenidos en la LB-3 con polvo de caucho.
- La mezcla denominada MBC “nueva” es la que presenta la emisión sonora más baja durante la rodadura: algo más de 1 dB(A) inferior a los niveles medios registrados en la LB-3 con polvo de caucho.
- Las diferencias en los niveles registrados del sonido de rodadura pueden variar de forma significativa, dependiendo de los tramos estudiados. Así, existen dos tramos de lechadas “antiguas” y “nuevas” con unas diferencias de alrededor de 1 dB(A). Cabe señalar que estudios realizados con el equipo de auscultación geo-referenciada Tire-Sonic-MK4-LA2IC dan una repetibilidad de los resultados sonoros que dan una desviación estándar inferior a los 0.2 dB (A) para un tramo de ensayo de unos 500 metros de longitud.
- El análisis de los espectros sonoros en las lechadas con y sin polvo de caucho indicarían que en las primeras, los mecanismos de generación sonora por impacto y vibraciones de los neumáticos de los vehículos durante la rodadura se han conseguido disminuir apreciablemente.

En primer lugar queremos destacar que estos resultados corresponden a un único tramo de ensayo y que deberán ser confirmados con nuevos tramos y nuevos tipos de lechadas bituminosas con polvo de caucho de NFU.

Por los resultados registrados, la utilización de lechadas con polvo de caucho con la fórmula de trabajo inicialmente obtenida en el trabajo de investi-

gación desarrollado por ELSAN dentro del Proyecto Fénix, permitiría incrementar hasta al doble el volumen de tráfico sin verse incrementado el sonido ambiental procedente de la interacción neumático pavimento, si lo comparamos con una lechada sin la utilización de polvo de caucho. Esto sería válido para velocidades medias por encima de los 40-50 km/h y tráfico fluido, en donde el ruido de rodadura es el dominante.

Esta auscultación acústica de las infraestructuras viarias nos ha permitido clasificar acústicamente diferentes capas de rodadura presentes en la CM-4106 en la provincia de Ciudad Real. Hemos clasificado diferentes capas de rodadura, algunas de gran interés tecnológico y científico que podrían permitir tener carreteras más seguras y sostenibles en el futuro cercano. 

¿Quieres profundizar?

- Monografía nº 3 ASEFMA, 2009. Reducción del Ruido Ambiental en Origen. La Contribución del Sector de las Mezclas Asfálticas.
- Artículos y Comunicaciones a Congresos sobre la Metodología CPX (Comportamiento Acústico de Pavimentos Asfálticos), Absorción Acústica, Auscultación, Mapas de Ruido de Rodadura-Estado de Conservación del Pavimento. Mecanismos de Generación del Ruido en Pavimentos Porosos.
- S. E. Paje, M. Bueno, U. Viñuela y F. Terán. Toward the acoustical characterization of asphalt pavements: Analysis of the tire/road sound from a porous surface (L). Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 125 (1), x-x, (2009).
- S. E. Paje, M. Bueno, F. Terán, U. Viñuela and J.Luong. Assessment of asphalt concrete acoustic performance in urban streets. Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 123 (2), 1439-1445 (2008).
- S. E. Paje, M. Bueno, F. Terán and U. Viñuela. Monitoring road surfaces by close proximity noise of the tire/road interaction. Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 122 (5), 2636-2641 (2007).
- S. E. Paje, M. Bueno, F. Terán and U. Viñuela. Influence of sound absorption on close proximity noise of porous pavement. Meeting Acoustics'08. ASA, EAA, SFA . 2008.



Amor, paz y... asfalto

datos históricos



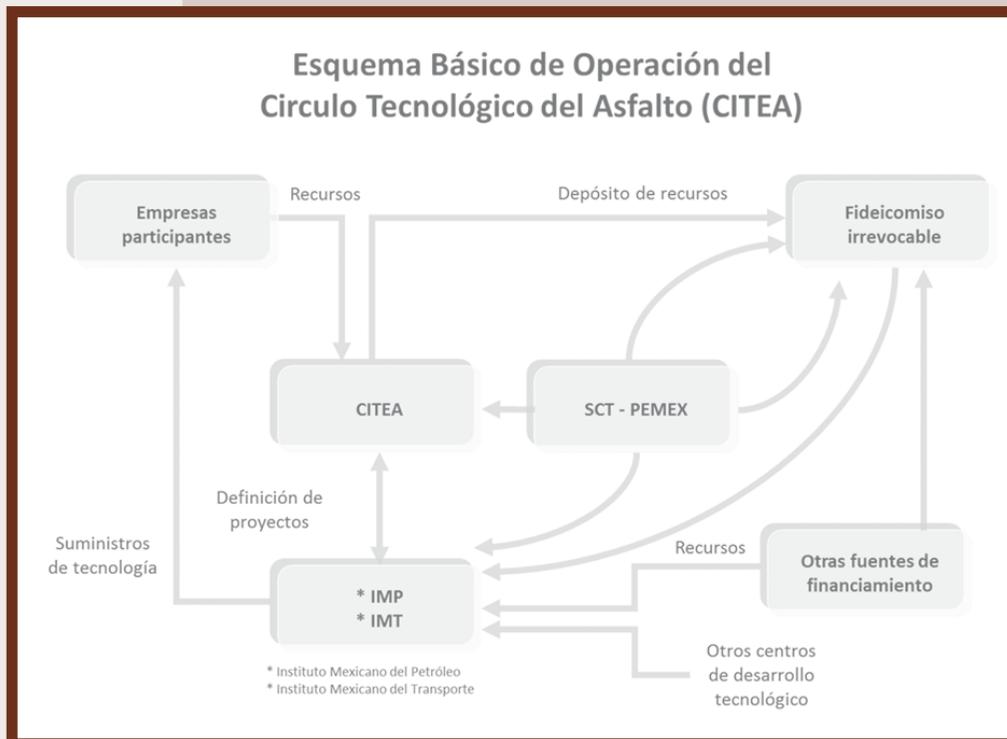
Rumbo al xx aniversario

Después de haber participado en la reunión del CILA en Santa Cruz de la Sierra, un grupo de destacados técnicos mexicanos, especialistas en materia de pavimentos asfálticos proponen a las autoridades de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la creación de un instituto del asfalto en nuestro país.

Era por demás notorio el adelanto tecnológico que en materia de pavimentos flexibles se estaba dando en el mundo y México por ningún motivo se podía quedar rezagado.

Analizando esta propuesta, funcionarios de la SCT llegaron a la conclusión de que era mejor crear el Círculo Tecnológico del Asfalto (CITEA).

La idea —por demás estupenda— desde un principio generó un vivo interés entre especialistas del asfalto, empresarios y funcionarios



que lo consideraron un medio de grandes posibilidades para acelerar el desarrollo de la tecnología que en materia de asfalto la nación requería.

Con la decidida participación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, del Instituto Mexicano del Petróleo y del Instituto Mexicano del Transporte, así como de diversos empresarios, se determinó el esquema final del CITEA, que establecía una relación entre las empresas y los centros de desarrollo tecnológico.

En el CITEA estarían representadas las instituciones del sector oficial (SCT, PEMEX, IMT, IMP, CAPUFE, GDF, gobiernos estatales y municipales), además de una asociación conformada por empresas privadas que integran la cadena productiva del asfalto.

Con alcances mayores a los requeridos para integrarse al CITEA y debido al gran entusiasmo que desde entonces prevalecía entre los técnicos mexicanos por dedicarse a la investigación y la enseñanza de las técnicas de calidad y vanguardia en el uso de los asfaltos, el jueves 7 de agosto de 1997, 38 socios fundadores constituyeron legalmente la Asociación Mexicana del Asfalto, Asociación Civil.

Quedaba atrás la intención de hacer crecer al imaginado CITEA, para dar paso a la edificación de una efectiva sociedad técnica que vendría a fortalecer la competitividad de las empresas mexicanas, proveedoras y usuarias del asfalto en México.



**Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.**

Diplomado

Tecnologías avanzadas en pavimentos asfálticos

**¡Cupo limitado
a 60 lugares!**

Inicia: febrero 3 de 2017

144 horas divididas en 12 sesiones presenciales.
Viernes de 9:00 a 18:00 h.
Sábados de 9:00 a 13:00 h.

Objetivo:

Transferir las habilidades y conocimientos más actualizados en el mejor uso de asfaltos y mezclas asfálticas para crear pavimentos de alto desempeño y de clase mundial



A quién va dirigido:

A todos aquellos involucrados en la planeación, diseño, proyecto, construcción, supervisión, conservación y operación de carreteras



Contenido temático:

- T1 Diseño de pavimentos
- T2 Geotecnia avanzada
- T3 Evaluación de pavimentos
- T4 Reología de asfaltos
- T5 Diseño de mezclas HMA 1
- T6 Diseño de mezclas HMA 2
- T7 Tratamientos superficiales y capas de rodadura
- T8 Laboratorio de mezclas asfálticas
- T9 Conservación de pavimentos
- T10 Control de calidad
- T11 Construcción y supervisión
- T12 Gestión de pavimentos



Sede:

Instituto Mexicano del Transporte
San Fandila, Querétaro

Informes:

www.cit-amaac.org.mx
cit-amaac@amaac.org.mx

Análisis y evaluación del efecto de la modificación de mezcla asfáltica con fibras acrílicas

Fabián Elizondo, Fabiola Miranda,
José Pablo Aguilar, Guillermo Loria,
Julio Zambrano
LANAMME, Universidad de Costa Rica,
fabian.elizondo@ucr.ac.cr

Introducción

El deterioro de las capas de mezcla asfáltica se relaciona con varias de sus propiedades: su estabilidad ante las cargas que permita resistir adecuadamente los esfuerzos aplicados (principalmente los de cortante para evitar las deformaciones plásticas), su rigidez relacionada con la capacidad de ser sometida a esfuerzos y deformarse elásticamente sin presentar fallas por fisuramiento y la afinidad entre el asfalto, aditivos y los agregados pétreos para evitar el desnudamiento o pérdida de adherencia producto de la humedad.

La siguiente investigación comprende la evaluación de diferentes tratamientos de mezclas asfálticas ante dichos deterioros. No obstante, el proyecto se enfoca en el análisis del desempeño al fisuramiento por fatiga y el aporte que se puede generar mediante la modificación de la mezcla asfáltica con fibras acrílicas en diferentes dosificaciones. Por tanto, el análisis comprende la evaluación a la fatiga a partir de un ensayo de desempeño en laboratorio y adicionalmente la verificación de la respuesta de los tratamientos a deterioros relacionados con la deformación permanente y al daño por humedad.

Objetivo

El objetivo de la investigación consiste en evaluar el efecto de la adición de fibras acrílicas para la modificación de mezclas asfálticas densas, en busca de una mejora en la resistencia al fisuramiento por fatiga sin detrimento en las demás propiedades de desempeño.

Caracterización de la fibra

Las fibras utilizadas en la investigación consisten en fibras acrílicas de alta tenacidad. Inicialmente, su uso se orientó como refuerzo dentro de la matriz de concreto hidráulico evitando el fisuramiento producido por las contracciones generadas durante el fraguado. Debido al éxito obtenido para esta aplicación, se consideró su implementación en otros materiales de construcción, como es el caso de la mezcla asfáltica, en busca de un aporte en la resistencia a esfuerzos de tensión y

Tabla 1. Propiedades físicas y mecánicas de la fibra utilizada en la investigación

Propiedad	Magnitud	Propiedad	Magnitud
Longitud promedio	12 mm	Resistencia a la rotura	36-44 cN/fibra
Diámetro	21 x 10-3 mm	Alargamiento a la rotura	23,4 ± 12%
Núm. de fibras/gramo	208,3 x 103	Contenido de ensimaje	0,20-0,60%
Densidad	1,17 g/cm ³	Finura	3,7-4,5 dTex ^a
Temperatura máxima	>250 °C	Humedad	0-2%

^a dTex: masa en gramos por cada 10.000 metros de fibra.

por tanto en la resistencia a la fatiga del material. En la Tabla 1 se presentan algunas de las propiedades de la fibra.

Durante la elaboración de la fibra, estas son sometidas a un proceso de estiramiento, en donde se modifica la estructura molecular de la fibra alcanzando una mayor orientación de las macro- moléculas y en consecuencia fibras más resistentes a la tracción. Adicionalmente, la fibra contiene un aditivo que absorbe radiación UV y la convierte en luz blanca, lo cual podrá ser analizado posteriormente como agente para retardar el envejecimiento del asfalto.

En cuanto a su estructura física, la fibra fue diseñada con una sección transversal en forma de hueso (Figura 1 a), lo cual permite generar una mayor adherencia mecánica en la matriz en donde se incorpore, tal y como se muestra en la Figura 1 b. Dentro de la matriz, las fibras forman una red tridimensional que actúa ante esfuerzos de tensión evitando y retardando la aparición de fisuras, lo cual a su vez favorece el sellado de la mezcla e inhibe la penetración del agua. Finalmente, su longitud ha sido diseñada en función del tamaño de los agregados que componen la mezcla asfáltica, puesto que a mayores longitudes la fibra tiende a doblarse, lo cual afectaría el objetivo para el cual fue diseñada.

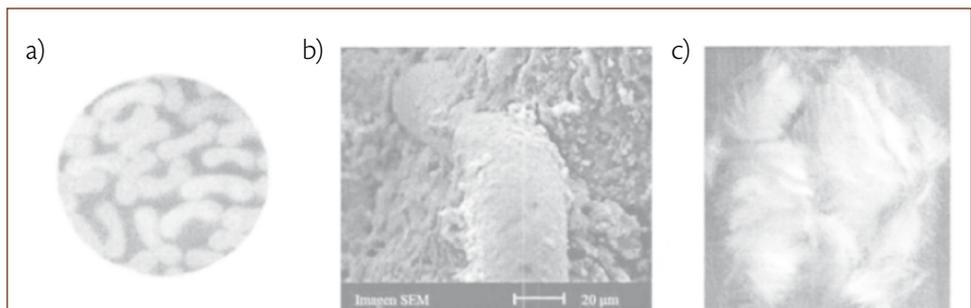


Figura 1. Fibra acrílica: a) Sección transversal, b) Adherencia en una matriz, c) Apariencia física.

Procedimiento de incorporación en campo. La modificación de la mezcla asfáltica en planta utilizando fibras acrílicas, según lo especifica el fabricante, introduce un paso durante el proceso de mezclado. Su adición se realiza durante la dosificación del ligante asfáltico, en donde se conecta un dispositivo de dosificación automático, el cual separa y disgrega las fibras mediante un movimiento giratorio y las transporta con aire incorporándolas al ligante en la dosificación

requerida. El dispositivo diseñado para tal efecto se muestra en la (Figura 2). De esta manera, se forma una matriz asfalto-fibra que se mezcla inmediatamente con los agregados pétreos, garantizando homogeneidad en la mezcla y a su vez evitando que la fibra entre en contacto directo con el agregado y se corte o deteriore durante el mezclado.



Figura 2. Dispositivo mecánico para la dispersión y dosificación de la fibra.

Programa experimental

El programa experimental abarca la evaluación de cinco tratamientos. Inicialmente se analiza el desempeño a la fatiga, deformación permanente y daño por humedad de tres mezclas asfálticas diseñadas al 4% de vacíos con contenidos de 0,00% (mezcla de referencia), 0,15% y 0,20% de fibras acrílicas sobre el peso total de mezcla.

Posterior a esto y en función del análisis de los resultados obtenidos, se selecciona el porcentaje óptimo de dosificación de fibra y con base en los

diseños de mezcla iniciales, se evalúan dos mezclas asfálticas adicionales correspondientes al porcentaje de asfalto requerido para lograr un contenido del 5% de vacíos de diseño, lo anterior para contenidos de 0,00% y 0,15% de fibra, con el objetivo de analizar mezclas más abiertas con menor contenido de asfalto, y en consecuencia con mayor susceptibilidad al fisuramiento por fatiga.

A nivel general, el diseño comprende el uso de una configuración granulométrica de agregados y un mismo ligante asfáltico; dosificados, mezclados y compactados en diferentes condiciones para obtener tratamientos de mezclas con contenidos de asfalto óptimo equivalentes para las dosificaciones de fibras acrílicas previamente indicadas, los cuales son sometidos a ensayos dinámicos para evaluar su desempeño en el laboratorio relacionados a deterioros típicos a nivel de pavimentos.

Diseño de mezcla. El diseño de mezcla se realizó con base en la norma AASHTO M 323^[1] correspondiente a la metodología Superpave. Debido al enfoque del proyecto la mezcla posee una estructura granulométrica densa gruesa de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (Figura 3). en busca de un alto porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral (VMA) y en consecuencia una mezcla abundante en asfalto. Adicionalmente, estas se diseñan para alto volumen de tránsito, por tanto, los especímenes son mezclados y compactados a 100 giros utilizando el Compactador Giratorio Superpave (CGS).

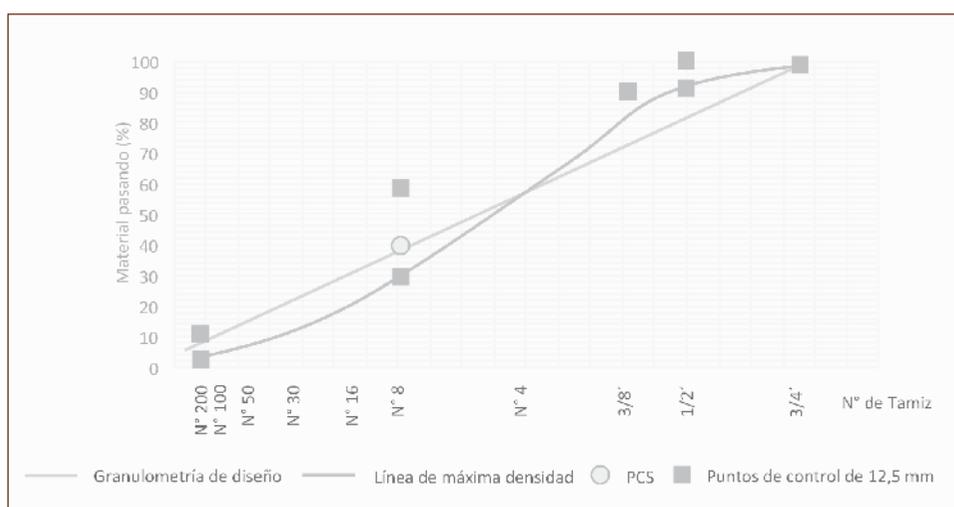


Figura 3. Curva granulométrica de diseño.

En la Tabla 2 se desglosan las características de diseño de los tratamientos aplicados en el proyecto. Como se comentó anteriormente, al inicio se evalúan los tratamientos T1, T2 y T3 correspondientes a mezclas diseñadas convencionalmente al 4% de vacíos y una vez que se obtienen los primeros resultados de desempeño el estudio se amplía a una eva-

luación más detallada en cuanto al aporte de la fibra en la respuesta a la fatiga, mediante el análisis de los tratamientos T4 y T5 basados en los tratamientos T1 y T2, correspondientes a mezclas al 5% de vacíos generando una disminución en el contenido de asfalto y por ende una condición más crítica del material al daño por fatiga.

Tabla 2. Diseño de mezcla de los tratamientos aplicados					
Propiedad de la mezcla	T1	T2	T3	T4	T5
Contenido de fibra	0,0 %	0,15 %	0,20 %	0,0 %	0,15 %
Temperatura de mezclado	158 °C	165 °C	165 °C	158 °C	165 °C
Temperatura de compactación	148 °C	155 °C	155 °C	148 °C	155 °C
% Asfalto (PTA)	7,08	7,06	7,15	6,63	6,62
% Asfalto (PTM)	6,61	6,59	6,67	6,22	6,21
% Asfalto efectivo	4,98	5,22	5,45	4,58	4,91
% Vacíos	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0
% VMA	15,5	15,9	16,4	15,7	16,1
% VFA	73,1	74,9	75,6	66,3	69,0
Polvo/asfalto	0,96	0,92	0,88	1,05	0,98

Empíricamente se determinó que las mezclas modificadas con fibras acrílicas requieren de una mayor energía de mezclado y compactación tanto en temperaturas como en número de giros aplicados en el CGS. A partir del ajuste de las condiciones de mezclado y compactación, se alcanzan contenidos de asfalto óptimo equivalentes en las mezclas diseñadas al mismo porcentaje de vacíos, lo cual favorece al objetivo de la investigación.

Procedimiento de incorporación de la fibra en la mezcla asfáltica en laboratorio. El procedimiento de incorporación de la fibra en el laboratorio se

resume en la Figura 4. Este inicia con la preparación de los materiales, posterior a esto se adicionan los agregados y se desmenuza la fibra en busca de una distribución uniforme. Se procede entonces con la homogenización fibra-agregados mediante un movimiento envolvente que incorpore la fibra dentro de la matriz de agregados sin cortarla, para finalmente adicionar el ligante asfáltico y homogenizar los materiales hasta obtener la mezcla.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio aplicados a los diferentes tratamientos.



Figura 4. Procedimiento de adición de la fibra en la mezcla asfáltica en laboratorio.

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



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Felicidades a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por obtener el **Primer Lugar en el Jeopardy** de la **3ra Reunión Académico Estudiantil AMAAC, en Mexicali, BC.**



Resultados de laboratorio: evaluación de desempeño de las mezclas

Termogravimetría. Las fibras acrílicas utilizadas en el proyecto son analizadas a partir de un ensayo de Análisis Termogravimétrico (TGA) con la intención de verificar la temperatura de descomposición del material. Para esto una pequeña muestra se somete a una rampa de temperatura de 0 °C a 1000 °C a razón de 10 °C/min. La historia de descomposición de la fibra se muestra en la Figura 5.

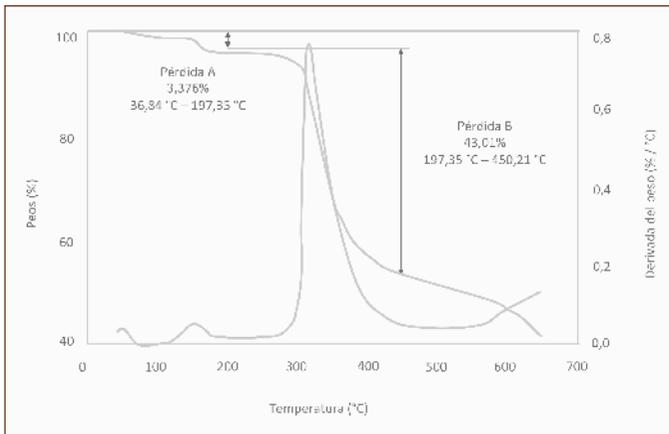


Figura 5.

A grandes rasgos, el análisis TGA revela la ocurrencia de dos eventos importantes: en el primero se presenta antes de alcanzar los 200 °C y el segundo evento, y más significativo aún, ocurre entre los 200 y 450°C aproximadamente, con el proceso de descomposición del material. Posterior a esta temperatura la fibra continúa degradándose paulatinamente.

Los apartados a continuación comprenden los resultados de los ensayos de desempeño aplicados sobre la mezcla asfáltica.

Ensayo de módulo dinámico. El ensayo de módulo dinámico permite obtener propiedades mecánicas del material ante diferentes condiciones de temperaturas y velocidades de carga. La importancia de la obtención de este parámetro radica en que este se ha constituido como un elemento fundamental en el diseño de pavimentos, puesto que permite caracterizar de manera racional el comportamiento esfuerzo-deformación de los materiales que conforman la estructura de la mezcla asfáltica. Los resultados del ensayo se presentan mediante curvas maestras

(Figura 6), haciendo uso del principio de Superposición Tiempo-Temperatura. El procedimiento de ensayo se realizó basado en la norma AASHTO TP 62.^[2]

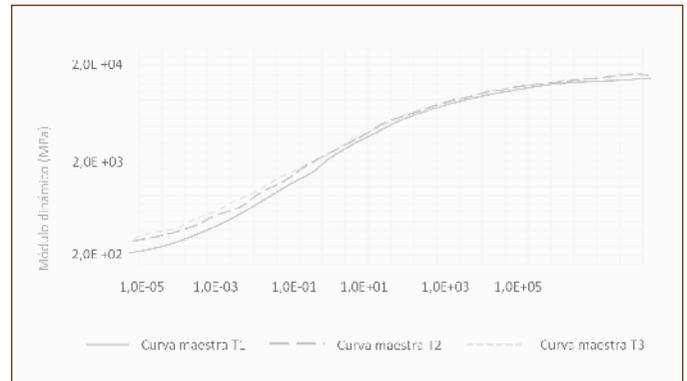


Figura 6. Curvas maestras de los tratamientos T1, T2 y T3.

Ensayo de APA. La prueba de APA corresponde a un ensayo empírico a partir del cual se evalúa la susceptibilidad de las mezclas a la deformación permanente. El procedimiento de laboratorio se realiza basado en la norma AASHTO TP 63,^[3] donde los especímenes son sometidos a ciclos de carga repetidos a una temperatura de 60 °C registrando la deformación acumulada en cada ciclo. En la Figura 7 se presenta un resumen de los tratamientos T1, T2 y T3 correspondientes a los diseños al 4% de vacíos.

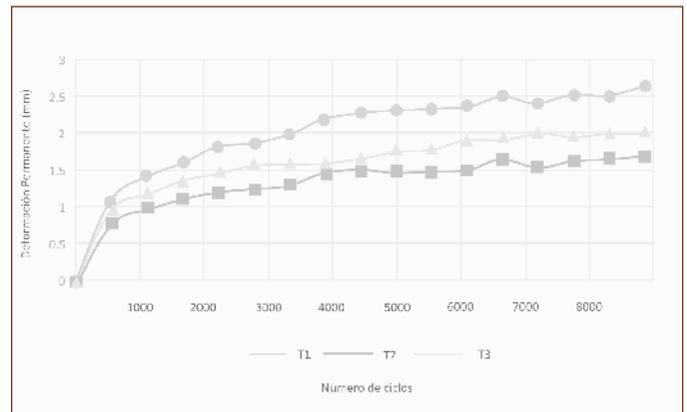


Figura 7. Resultados del ensayo APA para los tratamientos T1, T2 y T3.

Ensayo de flow number. El ensayo de flow number consiste en la aplicación de un esfuerzo axial desviador a un espécimen sin confinamiento a una temperatura de 58 °C. El número de flujo

corresponde al ciclo en donde la tasa de deformación permanente acumulada registra el valor mínimo, asociada a la fluencia por flujo terciario según lo que define la norma AASHTO TP 79.^[4] Los resultados obtenidos para los tratamientos correspondientes a los diseños al 4% de vacíos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados del ensayo de Flow Number para los tratamientos T1, T2 y T3

Espécimen	Flow Number (ciclos)		
	T1	T2	T3
1	159	162	154
2	195	126	-
3	200	151	127
4	115	115	136
5	93	186	143
Promedio	152	148	140

Ensayo de RRTD. El ensayo RRTD permite evaluar la susceptibilidad de las mezclas ante la pérdida de capacidad en presencia de agua. Este procedimiento se aplica basado en la norma AASHTO T 283.^[5] Los resultados obtenidos para los tratamientos T1, T2 y T3 se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados del ensayo de RRTD para los tratamientos T1, T2 y T3

Tratamiento	Condición	Vacíos promedio	Esfuerzo promedio (kPa)	RRTD
T1	Seca	7,1	914	91,4%
	Acondicionada	6,8	835	
T2	Seca	6,6	949	96,3%
	Acondicionada	6,3	914	
T3	Seca	7,0	999	88,1%
	Acondicionada	7,0	880	

Ensayo de fatiga en vigas a flexo-compresión. Este ensayo se basa en la norma AASHTO T 321,^[6] la cual consiste en someter a una viga de mezcla asfáltica a ciclos de deformación unitaria constante a una frecuencia de 10Hz y una temperatura de 20 °C, mediante la aplicación de cargas en los tercios medios del espécimen, generando un esfuerzo de flexión pura en el tercio central de la viga, hasta que el espécimen registre el 50 de su rigidez inicial. Este ensayo se realiza para los cinco tratamientos descritos en la Tabla 2, en donde se analizan simultáneamente dos variables: mezclas con diferentes dosificaciones de fibra y mezclas diseñadas a diferentes contenidos de vacíos. Para todas las mezclas se ensayaron vigas a dos niveles de deformación. Los resultados del ensayo se resumen en la Figura 8, en donde los valores al final de las barras representan el promedio de las tres mediciones. Durante la compactación de bloque del tratamiento T5 para ser ensayado a la deformación de 400×10^{-6} mm el equipo presentó problemas, por tanto, estos resultados son excluidos del análisis, no obstante, se muestran en la siguiente figura.

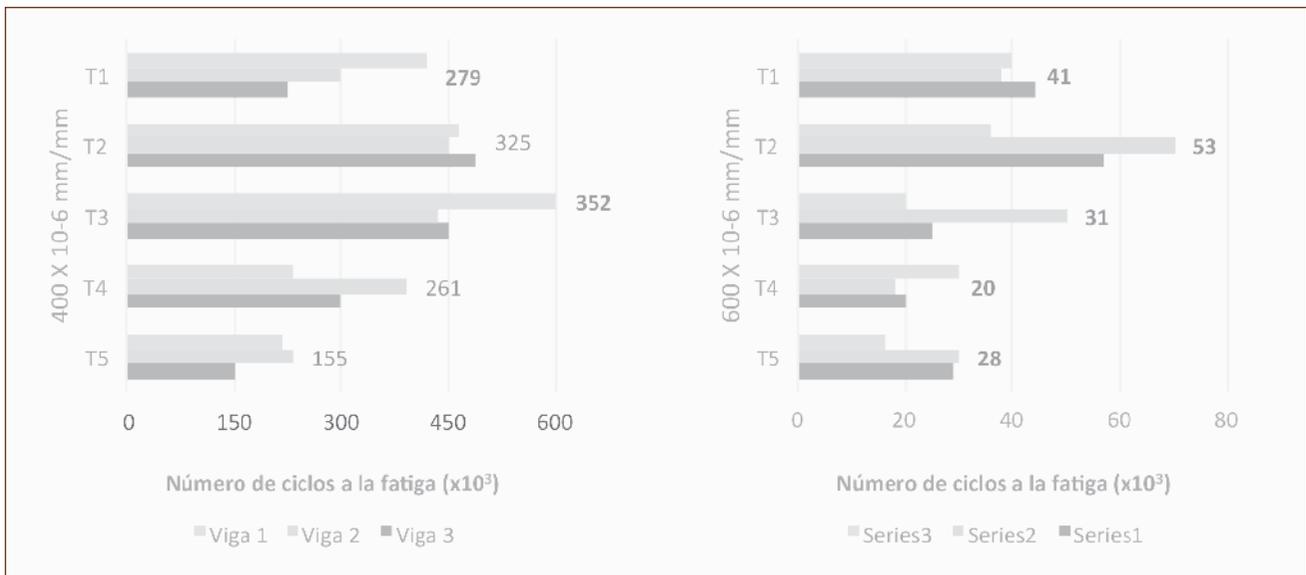


Figura 8. Resultados del ensayo de fatiga.

Análisis de resultados

Análisis de termogravimetría. El análisis TGA permite identificar dos eventos importantes en la historia del material. El primero corresponde a la pérdida A, la cual describe una deshidratación cerca de los 50 °C y posteriormente al sobrepasar los 150 °C se presenta una pérdida de solventes. El segundo evento y más importante, ocurre a los 330 °C con la descomposición de la fibra (pérdida B), describiendo un comportamiento típico para una fibra orgánica. Al iniciar la degradación después de los 200 °C se observa una estabilidad térmica media, lo cual para efectos del proyecto es suficiente considerando que la temperatura de mezclado no sobrepasa los 168 °C. Adicionalmente al observar la derivada de la curva se aprecia que el único cambio de masa considerable sucede en el rango de la pérdida B.

Posterior a la descomposición de la fibra no se realiza ningún análisis adicional.

Capacidad mecánica del material. Los resultados del ensayo de módulo dinámico se utilizaron para la calibración de curvas maestras a partir de la fórmula general Sigmoidal y el factor de ajuste de William-Landel-Ferry, para los cuales se obtuvo excelentes bondades de ajuste, en un rango de 97 y 99%, de representatividad. De manera general, las curvas maestras que aparecen en la Figura 6 evidencian una

estructura rígida con altos módulos a temperaturas de servicio, sin embargo, a temperaturas altas o frecuencias de carga bajas se identifica una separación de las curvas T2 y T3 respecto a T1, donde las mezclas con contenidos de fibras acrílicas alcanzan mayores rigideces. Lo anterior obedece a un aporte de la fibra a la capacidad de la mezcla en condiciones de mayor susceptibilidad al ahuellamiento.

Desempeño a la deformación permanente. La mezcla asfáltica analizada posee un esqueleto granulométrico robusto que aporta rigidez a la estructura, no obstante, el enfoque del diseño se basa en evaluar la resistencia al agrietamiento por fatiga. De ahí que uno de los principales hallazgos de la investigación consistió en que se detectó que la adición de fibras acrílicas en la mezcla asfáltica no genera un efecto negativo en el desempeño de la mezcla a la deformación permanente, En contra posición favorecen la resistencia a la deformación plástica medida mediante un ensayo empírico como lo es la prueba de APA.

El resultado del ensayo de APA mostrado en la Figura 7, demuestra que la mezcla modificada al 0,15% de fibra presenta una deformación permanente significativamente menor respecto a la mezcla de control, reduciendo en casi un 25% la deformación plástica promedio. Estos resultados muestran consistencia respecto a las tendencias mostradas en las curvas maestras, en donde a temperaturas altas y frecuencias

bajas la mezcla de control tiene menor rigidez respecto a las mezclas modificadas con fibras acrílicas.

El Manual de Diseño de Mezclas en Caliente del Programa Nacional Cooperativo de Investigación de Carreteras (NCHRP) en su reporte 673,^[7] recomienda que la deformación medida en el ensayo de APA no debe exceder los 3 mm para un nivel de tráfico superior a 30 millones de ESALS, lo cual evidencia la alta rigidez de las mezclas diseñadas, para las cuales las deformaciones promedio se mantienen en un rango de 1,63 a 2,54 mm. Por otro lado, la propuesta de especificación elaborada en el Lanamme UCR,^[8] para mezclas asfálticas de alto desempeño para rutas con alto volumen de tránsito, específica para Costa Rica una deformación máxima de 2,5 mm. Para esta condición, únicamente las mezclas modificadas con fibras acrílicas cumplen con el requerimiento, Por su parte, los resultados del ensayo de flow number no revelan diferencias significativas entre las mezclas ensayadas. No obstante, debido a que el espécimen de ensayo permanece sin confinamiento, la capacidad desarrollada tras la aplicación de la carga se asocia con la capacidad al corte del ligante asfáltico, en donde las fibras no desarrollan capacidad. Por tanto, la similitud entre los resultados evaluados a partir de la prueba de flow number en las mezclas diseñadas al 4% de vacíos se asocia a las condiciones del ensayo. Según los resultados obtenidos y con base en las recomendaciones del Manual,^[7] los tratamientos evaluados se clasifican dentro del rango de mezclas para soportar niveles de tránsito de 3 a 10 millones de ESALS.

Desempeño al daño por humedad. El ensayo de RRTD evidenció un mejor desempeño al daño por humedad del tratamiento T2, Los resultados revelan que la adición de fibra en una dosificación del 0,15% aporta un aumento en resistencia del 5% para la retención de la capacidad de la mezcla en presencia de agua. Tal y como se mencionó al inicio, las fibras se dispersan dentro de la matriz favoreciendo el sellado de la estructura lo cual contribuye a inhibir el ingreso del agua en la mezcla.

La metodología Superpave define un mínimo del 80% de RRTD, mientras que la propuesta de especificación en Costa Rica,^[8] establece un requerimiento del 85% de RRTD, debido a la alta exposición a la presencia de lluvias en el país. Para ambas norma-

tivas todos los tratamientos evaluados alcanzan un desempeño adecuado.

Desempeño al fisuramiento por fatiga. La Figura 8 resume los resultados del ensayo de viga a flexo-tracción, en donde es posible identificar que los tratamientos T2 y T3 son los que presentan un mejor desempeño al agrietamiento por fatiga a una deformación de 400×10^{-6} mm/mm. Por su parte, a un nivel de deformación más crítico de 600×10^{-6} mm/mm, nuevamente el tratamiento T2 presenta las mejores condiciones. Los resultados son consistentes en el tanto que las mezclas con contenidos de fibras acrílicas provocan un aumento en la vida a la fatiga del material.

Los resultados de fatiga a un nivel de deformación de 600×10^{-6} mm demuestran que una reducción del 0,45% en el contenido de asfalto genera una reducción del 50% en el desempeño a la fatiga de las mezclas. Por otro lado, al realizar la comparación entre los tratamientos T1 contra T2 y T4 contra T5, es evidente que las mezclas modificadas con 0,15% de fibra muestran un mejor desempeño. En el primer caso se obtuvo una mejora del 16%, mientras que, para el segundo caso, el aumento en la resistencia al fisuramiento fue del 40%, siendo esta última la condición más crítica.

Adicionalmente, en la Figura 8 es posible identificar una alta variabilidad en los resultados entre las 3 vigas ensayadas para cada tratamiento en ambos niveles de deformación, lo cual representa una limitación de la investigación, propio de la naturaleza del ensayo.

La propuesta de especificación para Costa Rica^[8] define un número de ciclos mínimo de 25,000 para un nivel de deformación de 600×10^{-6} mm. Según se aprecia en los resultados, todos los tratamientos de mezclas modificadas con fibras acrílicas, inclusive la mezcla diseñada al 5% de vacíos (T5), cumple con el requisito de desempeño. No ocurre lo mismo para las mezclas de control, en donde el tratamiento T4 demuestra un desempeño deficiente al solicitado por la especificación, Por otro lado, a un nivel de deformación de 400×10^{-6} mm se especifica un número mínimo de ciclos de 300,000, requisito que únicamente alcanzan los tratamientos T2 y T3 correspondientes a las mezclas modificadas con fibra.

Conclusiones y recomendaciones

Una vez completado el esquema experimental y los análisis individuales de cada uno de los ensayos, se destacan las siguientes conclusiones generales:

- a) La evaluación de las diferentes dosificaciones de fibra permite identificar que para el tratamiento mezcla modificado con 0,15% de fibras acrílicas se presenta el mejor comportamiento, tanto a nivel de trabajabilidad y repetitividad como a nivel de desempeño del material.
- b) El desempeño a la fatiga medido a partir del ensayo de viga a flexo-compresión evidenció que existe un aporte de la fibra en la resistencia al fisuramiento, a pesar que las ganancias de resistencia de la mezcla modificada al 0,15% respecto a la mezcla original no son significativas cuantitativamente debido a la variabilidad implícita del ensayo, se obtuvo resultados consistentes y adicionalmente con un mejor desempeño para la condición más crítica asociada al mayor nivel de deformación.
- c) La mezcla asfáltica diseñada se compone de un ligante asfáltico AC-30 y una configuración granulométrica robusta, ambos factores generan una estructura rígida y por tanto resistente a la deformación permanente, a pesar de que no haya sido diseñada para tal criterio. Este efecto fue evaluado mediante el ensayo de APA el cual reveló un aporte de la fibra significativo en la resistencia a la deformación permanente de la mezcla modificada al 0,15%. Por otro lado, el ensayo de flow number demuestra que para los materiales y diseños del proyecto los tratamientos presentan el mismo desempeño ante el fenómeno de fluencia o flujo terciario. Ante esto se concluye que la modificación con fibras acrílicas no generó un efecto negativo en la resistencia a la deformación permanente y por el contrario aporta capacidad a la mezcla asfáltica.
- d) Se identificó que aumentos sensibles en las dosificaciones de fibra a partir de 0,20% sobre la mezcla asfáltica generan variaciones importantes a nivel de volumetría, debido al incremento en la superficie específica de la fibra que debe ser recubierta por asfalto y en consecuencia un mayor requerimiento del mismo. Todo esto se traduce

en una mezcla inestable con baja resistencia al corte. Adicionalmente, para esta dosificación se presentó una alta variabilidad en los resultados asociada a problemas de trabajabilidad.

- e) La modificación de mezcla asfáltica con fibras acrílicas requiere de un incremento en la energía de compactación, por tanto, para lograr resultados equivalentes en campo respecto a los obtenidos en laboratorio, se requiere de un estricto control durante la construcción.
- f) A modo de recomendación se plantea la importancia de desarrollar un esquema experimental más amplio que contemple el análisis a la fatiga a partir de otros ensayos de desempeño, así como la verificación de los resultados para diferentes materiales y en mezclas con estructuras granulométricas más densas que reduzcan el contenido de asfalto óptimo de la mezcla y generen condiciones más críticas para el desempeño a la fatiga, y daño por humedad. 

¿Quieres profundizar?

- [1] AASHTO M 323-13 “Standard Specification for Superpave Volumetric Mix Design”,
- [2] AASHTO TP 62-03 “Standard Practice for Developing Dynamic Modulus Master Curves for Asphalt Mixtures”.
- [3] AASHTO T 340. “Standard Method of Test for Determining the Rutting Susceptibility of Hot Mix Asphalt (APA) Using the Asphalt Pavement Analyzer (APA)”.
- [4] AASHTO TP 79-09 “Standard Method of Test for Determining the Dynamic Modulus and Flow Number for Hot Mix Asphalt (HMA) Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT)”.
- [5] AASTHO T 283-14 “Standard Method of Test for Resistance of Compacted Asphalt Mixtures 10 Moisture-Induced Damage”.
- [6] AASTHO T 321-14 “Standard Method of Test for Determining the Fatigue Life of Compacted Asphalt Mixtures Subjected to Repeated Flexural Bending”,
- [7] NCHRP 673. “A Manual for Design of Hot Mix Asphalt with Commentary”. Report. Transportation Research Board of the National Academies, Washington DC, 2011.
- [8] LM-PI-UMP-016-RI. “Materiales, mezclas asfálticas y técnicas de preservación”. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, San José. Costa Rica, 2013.

Mezclas asfálticas drenantes

Jaime Andrés Campos Canessa

Definición

Las mezclas drenantes son mezclas asfálticas generalmente en caliente que se utilizan como carpeta de rodadura, las cuales se caracterizan por tener un elevado porcentaje de huecos de aire (entre 18 y 25%) interconectados entre sí. Estos huecos permiten el paso del agua superficial a través de ella y por ende su rápida evacuación primero hacia abajo y luego hacia las zonas laterales, fuera del área de contacto entre el neumático de los vehículos y el pavimento (ver Figura 1). Gracias a lo anterior, se impide la formación de una capa de agua superficial cuando llueve, evitando pérdidas de control y visibilidad en los conductores (Muñoz, s.a.).

El alto porcentaje de huecos de la mezcla drenante se logra mediante el uso de granulometría especial, que consiste en un alto porcentaje de áridos gruesos (alrededor del 85%), poco fino y un aporte de filler. Para estas mezclas se debe asegurar la impermeabilidad de la capa subyacente, debido a las posibles infiltraciones de agua que provocan fallas estructurales en este pavimento. Adicionalmente, debe tener un diseño geométrico tal que asegure el escurrimiento del agua a los drenes laterales y no se introduzca en las capas inferiores del camino.

Historia de los pavimentos drenantes

Los inicios de las mezclas drenantes tuvieron lugar en algunos aeropuertos del Reino Unido y luego en Estados Unidos bajo la forma de tratamiento superficial en capa de 2,0 cm, cuyo objetivo principal era luchar contra el deslizamiento de las aeronaves. Luego el uso de estas mezclas comenzó a experimentar una evolución importante al desarrollarse bajo el concepto mucho más amplio de que la capa de rodadura fuera capaz de absorber las lluvias, eliminando el agua superficial que se interpone entre neumático y pavimento. Con el transcurso del tiempo, se detectó la capacidad de absorber el ruido generado por la rodadura de los vehículos, lo que conllevó a un aumento en su uso, haciendo de esta mezcla una de las de mayor desarrollo en Europa en los últimos 30 años.

En Europa se introdujo a finales de los años setenta y en 1980 hizo su aparición en España, donde se generalizó su uso sólo a partir de 1985. Existen mezclas drenantes con granulometrías continuas y discontinuas. Inicialmente



Figura 1. Esquema de mezcla drenante.



VISE

EsLaGenteNoLaObra

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

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



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



**SOSTENIBILIDAD
DURABILIDAD
DESEMPEÑO**

ADITIVOS

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

EMULSIFICANTES

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

POLÍMEROS

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

FIBRAS

VIATOP® PREMIUM Fibra de celulosa para pavimentos SMA

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



**Distribuidor Autorizado
DuPont® Elvaloy® RET**

**Distribuidor Autorizado
J. RETTENMAIER & SÖHNE
GMBH + CO KG**



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

se diseñaron con contenido de huecos entre el 15 y 18%, pero la colmatación aparecía muy rápido con esta configuración, por lo que actualmente se exige un porcentaje mínimo de 20%. Se han desarrollado mezclas tan porosas que ya han bordeado el 28% de porcentaje de huecos.

La Tabla 2 muestra el uso de las mezclas drenantes en algunos países, principalmente de Europa. Se detalla lo construido hasta el 2001, el porcentaje de esta mezcla especial con respecto al total pavimentado por cada país, y lo que se construyó en ese año. Se puede ver que en Japón, Holanda y Francia es donde más se ha construido este pavimento especial, y por ende donde más experiencia se tiene sobre su uso y conservación.

Tabla 2. Uso de mezclas drenantes en 2001

País	Área total en millones [m ²]	% del total anual producido el 2001	Área aplicada el 2001 en millones [m ²]
Austria		1	
Bélgica		2	1
Dinamarca	1,3	0,3	0,2
Eslovenia	0,2	0,1	0,02
Francia	>45		
Grecia	1,2		
Holanda	48	6	5
Irlanda		3	0,84
Islandia	<0,1		
Italia	13	0,2	1
Portugal		1,2	
República Checa			0,5
Suecia		2	
Suiza		2	11
Israel		0,4	0,22
Japón	100	3,5	27
Nueva Zelanda		5	

Experiencia en Chile

El uso de las mezclas drenantes en Chile tuvo su inicio el año 1996 cuando la Unidad de Carreteras de Chile construyó un tramo experimental de aproximadamente 1,500 m². Esta carpeta poseía 4,0 cm y fue confeccionada con cemento asfáltico modificado, y se instaló sobre una capa de granulometría densa nivelante y con un bombeo de 1,0%. Durante su vida útil, este tramo se comportó de muy buena forma en términos funcionales y estructurales, por lo que se siguió experimentando con estas mezclas y el año 2000 se realizó un tramo de 10 000 m², donde esta vez la capa drenante aplicada fue de 5,0 cm de espesor y construida sobre un pavimento existente, el cual fue tratado previamente por una capa de lechada asfáltica.

La Dirección de Vialidad, teniendo en cuenta los resultados de los tramos mencionados previamente (tanto en el ámbito de su aplicación como su comportamiento en servicio), decidió realizar más tramos experimentales con el propósito de evaluar el comportamiento en distintas condiciones geográficas.

El año 1999 se introducen en los contratos de repavimentación de la Ruta S-20 y 207, ubicados en la Región de la Araucanía y Región de Los Ríos respectivamente, donde se destinaron tramos con carpeta drenante, además de un pequeño tramo de 300 [m] de longitud en Concón, Ruta 60-CH. Este último desapareció debido a un nuevo proyecto que funcionará en poco tiempo en dicha zona.

Características de las mezclas drenantes

Las mezclas drenantes ofrecen una gama de ventajas para el usuario en condiciones de lluvia (Muñoz, 2001). Entre ellas se puede mencionar las siguientes:

- Eliminación de hidroplaneo: se habla de este fenómeno cuando la capa de agua que se forma entre el neumático y el pavimento rompe el contacto entre ambos, haciendo que el conductor pierda el control de su vehículo. Una rápida evacuación del agua de la superficie del camino (que ofrece la mezcla porosa o drenante), ayuda a impedir este fenómeno.
- Reducción de proyecciones de agua: estas mezclas, como permiten mantener la superficie del pavimento libre de agua cuando está lloviendo, previenen que se produzcan tanto el levantamiento como la pulverización del agua al paso de los vehículos. Esto provoca un mejoramiento destacable en la visibilidad del conductor en condiciones de lluvia.
- Menor deslumbramiento de luces vehiculares: cuando está lloviendo de noche, los conductores se ven enfrentados al deslumbramiento por efecto de luces de vehículos que circulan en sentido contrario, ocasionando reflexión de la luz en los pavimentos mojados tradicionales. El uso de pavimentos de textura rugosa, al liberar el agua de la superficie, reducen este problema permitiendo al conductor ver mejor la vía y la señalización.
- Reducción de ruido al paso de vehículos: las mezclas drenantes contribuyen a la absorción de

ruidos generados por el roce entre el neumático y el pavimento cuando el vehículo está en movimiento (tanto en condiciones de lluvia como en seco), ya que el alto porcentaje de huecos de aire interconectados, permiten disipar los ruidos hacia el interior. Gracias a esta reducción de ruidos, las personas que viven cerca de carreteras son las que más se ven favorecidas. Se estima que la reducción media en la sonoridad ambiental es entre 3 a 6 decibeles en comparación a una mezcla normal, apreciándose incluso una diferencia mayor sobre pavimentos húmedos.

En otro sentido, las mezclas drenantes presentan las siguientes desventajas con respecto a una mezcla asfáltica convencional (Ruiz, 2000):

- Colmatación de poros: los huecos de las mezclas porosas durante su vida útil tienden a colmatarse por la acumulación de polvo, arena, materia orgánica u otros. Este fenómeno, a pesar de constituir una pérdida en las propiedades drenantes de la mezcla (y por ende en la reducción de ruidos, efecto neblina e hidroplaneo), no afecta en el funcionamiento como carpeta de rodadura. En la actualidad, existen máquinas de origen japonés que mediante técnicas de lavado a presión lograrían la limpieza de los poros, anulando temporalmente la colmatación.
- Mayor costo: estas mezclas deben construirse necesariamente con asfaltos modificados y áridos de una calidad superior a la normal, lo cual establece un aumento del costo directo tanto de su construcción como del mantenimiento de esta obra (con respecto a una mezcla asfáltica convencional).
- Diseño geométrico estricto: la mezcla drenante, cuando es utilizada como carpeta de rodadura, obligadamente se debe extender sobre una capa que sea impermeable y estructuralmente estable. Adicionalmente esta capa requiere de una geometría adecuada para la evacuación del agua hacia los costados de la pista.
Drenaje lateral exigente: los huecos de esta mezcla hacen escurrir el agua de la superficie hacia drenes laterales, lo cual implica forzosamente la construcción de ductos y otras obras asociadas a la evacuación de las aguas.

- Especial cuidado invernal: en zonas donde hay posibilidad de formación de hielo, el mantenimiento invernal debe ser muy cuidadoso, lo que puede limitar su empleo. Esto se debe a que la temperatura en superficie es inferior a la de una mezcla convencional y la humedad permanece más tiempo en los poros. Se necesita mayor cantidad de sales fundentes para mantener los caminos libres de nieve, por lo que se debe organizar equipos de mantenimiento de forma aún más efectiva que en las situaciones convencionales y actuar con anticipación. En aquellos casos en que no puedan tomarse estas precauciones es mejor evitar la colocación de mezclas drenantes.

Conservación y vida útil de mezclas drenantes

Según Ruiz (2000), la falla en este tipo de pavimentos viene dada principalmente por dos causas:

- Disgregación de la mezcla: ocurre producto de los esfuerzos tangenciales del tráfico. Su aparición se manifiesta con baches, peladuras de áridos y una incipiente pérdida de regularidad superficial, tanto longitudinal como transversalmente. Ocurre en zonas localizadas donde la mezcla se ha colocado fría o ha sido subcompactada.
- Colmatación progresiva de la mezcla: con el tiempo se pierde drenabilidad, ocasionado por la acumulación de polvo, arena, materia orgánica etc., en los huecos interconectados. Su aparición depende del porcentaje inicial de huecos de la mezcla, del tipo de camino (en uno rural se colmatará mucho más que en una mezcla usada en autopista).

Actualmente para la mantención ante la pérdida de áridos, y gracias al desarrollo de emulsiones de rotura media fabricadas con betún modificado, se pueden fabricar mezclas semicalientes en las plantas en caliente convencionales, en las que el árido se calienta a unos 80 °C y la emulsión a 40-50 °C. Otra solución más común es elaborar una mezcla con asfalto tradicional, pero teniendo en cuenta que el porcentaje de asfalto debe ser mayor a lo normal, logrando así la misma resistencia que un asfalto elastomérico.

Para conservar la permeabilidad de la mezcla, se está trabajando y avanzando en el diseño de los equipos de limpieza, compuestos hasta ahora por camiones provistos de un equipo de agua a presión y de un sistema de aspiración conectado a un depósito provisto de filtros. Dichos equipos sólo son parcialmente efectivos y tienen que aplicarse rápidamente a partir de la puesta en servicio de las mezclas, aunque no existe consenso sobre la estrategia más adecuada de limpieza y de la eficacia en cuanto al costo.

De la experiencia con este tipo de mezclas (especialmente en Europa), se estima que la pérdida total de drenabilidad puede ocurrir entre los 9 y 12 años, en tanto que la vida útil final como carpeta de rodadura varía entre los 12 y 15 años dependiendo del tránsito y la conservación realizada en su vida (igual a una mezcla asfáltica convencional).

Diseño y especificaciones de las mezclas drenantes

Cuando se diseñan mezclas drenantes o porosas, existen dos condiciones que se deben cumplir cabalmente: resistencia a la disgregación y permeabilidad. Sin embargo, estas restricciones se contraponen: mientras la mejora de cohesión entre el asfalto y el agregado pétreo viene asociada con el aumento en cantidad de áridos finos y ligante, se tiene que la permeabilidad o porosidad de esta mezcla requiere un incremento en el uso de áridos gruesos y reducir la fracción fina. Lograr el máximo contenido de huecos posible junto con una buena resistencia a las cargas del tráfico es posible mediante el uso de áridos y asfalto de mejor calidad, una granulometría especial y una dosificación en laboratorio adecuada (Muñoz, 2001).

Según el Volumen 5 del Manual de Carreteras, sección 5.414 (MOP, 2003), la construcción de una carpeta asfáltica drenante y antideslizante, se confecta con asfalto modificado con polímero, en planta asfáltica en caliente con las características que se especifican más adelante, y se debe construir siempre sobre una carpeta asfáltica impermeable (generalmente mezcla densa).

Los materiales usados para construir esta carpeta (asfalto, áridos y riego de liga) poseen características distintas a las habituales en obras de

pavimentación. A continuación se presenta las especificaciones que se piden en Chile para su uso.

- **Asfalto:** los asfaltos para mezclas drenantes serán cementos asfálticos modificados con polímero. Su uso se debe a que para lograr la drenabilidad necesaria de esta mezcla, se requiere de una adhesividad y resistencia al envejecimiento sin utilizar grandes porcentajes de asfalto (que producirían escurrimiento en su colocación). Con esto también se logra esencialmente un aumento de viscosidad, ductilidad a bajas temperaturas y menos susceptibilidad a los cambios de temperatura, que permite aumentar la temperatura de fabricación para mejorar la adherencia árido-ligante y así mantener los huecos de estas mezclas.

Los polímeros más utilizados son SBS (estireno-butadieno-estireno), EVA (etileno acetato de vinilo) y el caucho. Con todo esto, al comparar el uso de asfalto modificado con elastómero con respecto a uno tradicional, se observa una mejor resistencia al arranque de partículas tanto con temperaturas elevadas por su mayor viscosidad, como a bajas temperaturas por su menor fragilidad (ver Figura 2).

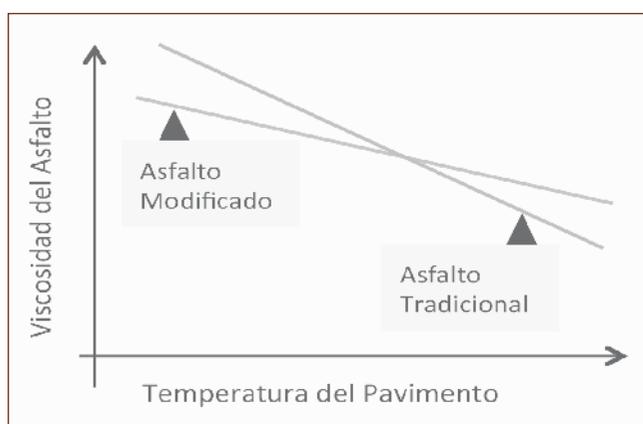


Figura 2. Efecto de la viscosidad de un asfalto modificado con respecto a uno tradicional.

En la Tabla 3 se muestran las exigencias para el cemento asfáltico modificado usado en una mezcla drenante. Los ensayos están especificados en el Volumen 8 (ítem 8.301.6) del Manual de Carreteras (MOP, 2000), el cual no deberá calentarse a una temperatura superior a la indicada por el proveedor, a fin de evitar posibles daños del elastómero adicionado.

Tabla 3. Cemento asfáltico modificado con polímero para mezclas drenantes		
Ensaye	Exigencia	Norma M.C. Vol. 8
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 seg., 0,1 cm	60-80	8.302,3
Punto de ablandamiento (°C)	Mín. 65	8.302,16
Ductilidad a 5 °C, 5 cm/mín. (cm)	Mín. 50	8.302,8
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/mín. (cm)	Mín. 80	8.302,8
Índice de penetración, IP	Mín. +4	8.302,21
Punto de Quiebre Fraass (°C)	Máx. -18	8.302,17
Recuperación Elástica (%)	Mín. 60	8.302,19

- Áridos: los áridos deberán clasificarse en al menos tres fracciones: gruesa, fina y polvo mineral (filler). Cada fracción debe cumplir lo siguiente:

- Fracción gruesa: corresponde a la fracción retenida en tamiz 2,5 [mm] (ASTM N°8) y deberá estar constituido por partículas chancadas, limpias y tenaces.
- Fracción fina: corresponde a la fracción que pasa por el tamiz 2,5 [mm] (ASTM N°8), la cual deberá estar constituida por agregados provenientes de la trituración de rocas o gravas.
- Filler: deberá ser constituido por polvo mineral fino tal como cemento hidráulico, cal u otro material inerte de origen calizo, libre de materia orgánica y partículas de arcilla. El filler total deberá estar formado por un mínimo de 50% de aportación y el porcentaje restante proveniente del árido.
- Granulometría: las distintas fracciones de áridos deberán combinarse en proporciones tales que la mezcla resultante cumpla con una de las bandas granulométricas denominadas PA-10 y PA-12 (ver Tabla 4 y Gráfico 1).

Tabla 4. Bandas granulométricas para mezcla drenante			
Tamiz (mm)	Tamiz ASTM	PA-10	PA-12
20	3/4"	-	100
12,5	1/2"	100	70-100
10	3/8"	70-90	50-80
5	Núm. 4	15-30	15-30
2,5	Núm. 8	10-22	10-22
0,63	Núm. 30	6-13	6-13
0,08	Núm. 200	3-5	3-6

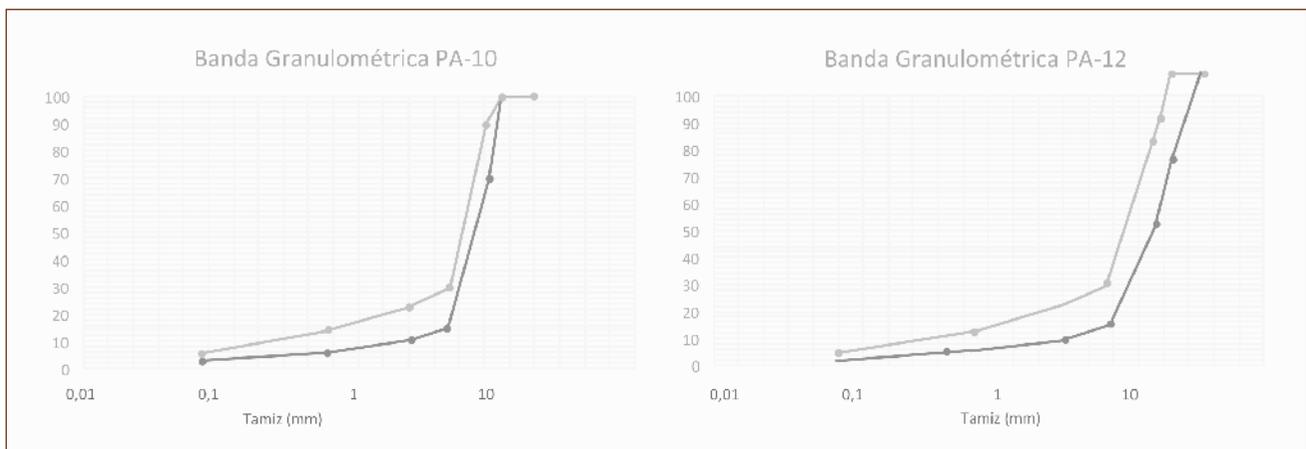


Figura 3. Bandas granulométricas para mezclas drenantes en Chile.

- Riego de liga: se aplicará como riego de liga una emulsión modificada con polímero, de modo de conseguir una mayor impermeabilización de la capa subyacente y una adecuada adherencia entre esa superficie y la capa de mezcla drenante. La dotación de ligante residual a emplear en el riego de adherencia será como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Rotación del riego de liga

Superficie soportante	Dosis mínima
Mezcla bituminosa recientemente extendida	0,30-0,40 [kg/m ²]
Mezcla bituminosa antigua en buenas condiciones	0,35-0,50 [kg/m ²]
Mezcla bituminosa envejecida, con presencia de microfisuración	0,50-0,60 [kg/m ²]

Tabla 6. Criterios de diseño del ligante

Características	Exigencia (%)	Ensayes	Normas
% Desgaste seco a 25 °C	Máx. 20	Cántabro seco	8.302,54
% Desgaste húmedo a 25 °C	Máx. 30	Cántabro húmedo	8.302,55
% Huecos	Mín. 20-Máx. 25	% Huecos	8.302,47 (LNV46)
% Asfalto	Mín. 4-Máx. 5	-	-
% Escurrimiento	Máx. 3	Escurrimiento	NLT-365
Tiempo de evacuación	Máx. 30 seg	Permeabilidad	8.302,44

Para el procedimiento de trabajo con este tipo de mezcla, primero se debe realizar una preparación de la superficie existente, la cual debe asegurar una superficie impermeable libre de fisuras y con una planimetría que permita la evacuación del agua hacia los bordes.

En el diseño de la mezcla se utiliza principalmente el método Cántabro (de acuerdo a la norma española NLT-352/86), además de ciertas restricciones referidas a la propiedad porosa de la mezcla. El contenido de ligante se dosificará de acuerdo a siguientes criterios (ver Tabla 6).

La mezcla drenante se debe fabricar en planta en caliente. La temperatura de mezclado está determinada por la viscosidad del cemento asfáltico modificado. Se debe tener estricto control de la temperatura de mezclado debido a que este tipo de mezcla es más susceptible al escurrimiento de ligante que una mezcla tradicional.

Sobre la compactación de la mezcla, ésta deberá realizarse con dos rodillos metálicos de 8 a 12 toneladas de peso sin vibración, para evitar cambio de granulometría en los áridos. Es conveniente que los rodillos sigan de cerca la extendidora (“finisher”), donde los tiempos disponibles para la compactación de la mezcla drenante son menores que en una tradicional. No se debe colocar mezcla drenante con lluvia, ni con temperatura ambiente baja, ni con viento. Es de vital importancia que se extienda la mezcla a todo el ancho para evitar las

juntas longitudinales (Bardesi, 1999). Si lo anterior no es posible, éstas deben coincidir con las líneas de separación de pistas. Está estrictamente prohibido que la junta no coincida con los carriles de rodadura. Dentro de los detalles constructivos, lo más importante a tener presente se muestra a continuación:

- Se debe evitar la terminación de la mezcla drenante contra elementos tales como soleras, zarpas en particular bordes no pavimentados que dificulten o impidan la salida del agua.
- Cuando no se extienda la mezcla drenante sobre la berma, para evitar una desnivelación brusca de 4 [cm] en el borde de la calzada, se debe prolongar en un sobre ancho biselado para transformar su espesor de 4 a 2,5 [cm] aproximadamente, cubriendo todo el ancho de la berma (ver Figura 3).

Para la determinación de la densidad y el contenido de huecos de referencia se debe realizar una cancha de pruebas de 100 metros de longitud como mínimo. Según el Manual de Carreteras (MOP, 2000), son necesarias las siguientes acciones en esta cancha:

- Se determinará la densidad y el contenido de huecos de referencia para el control del tramo. Para ello, se realizarán medidas de evacuación del agua mediante permeámetro y en los mismos puntos se extraerán testigos sobre los que

Forma parte de esta **Asociación**

¡Conócenos!

¡Afílate!

AILA

¡Únete!



Asociación Ibero Latino
Americana del Asfalto, A.C.



 /AILA.org

 @AILA_org

Informes e Inscripciones www.ailaac.org

grtegral@ailaac.org

grteadmon@ailaac.org

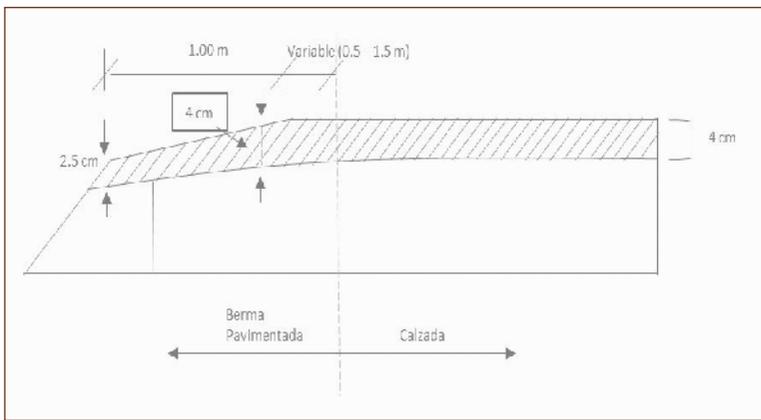


Figura 3. Esquema de bermas con mezcla drenante.

se determinará la densidad mediante medida geométrica y el contenido de huecos.

- Estas medidas deben realizarse sobre zonas con distintos niveles de compactación (2, 3, o 4 dobles pasadas del rodillo liso), a objeto de establecer la relación entre el nivel de compactación y la densidad.
- En definitiva, en esta cancha se deberá establecer una correlación entre el número de pasadas del compactador, las mediciones realizadas con el permeámetro y el porcentaje de huecos, de forma que durante la ejecución de la carpeta las mediciones con el permeámetro, puedan ser utilizadas como método de control.

Una forma de controlar la ejecución de este tipo de obras, es registrar la permeabilidad inicial de los pavimentos drenantes, la cual considera que:

- Las mediciones con el permeámetro LCS serán utilizadas como método de control, cada 500 metros por pista como mínimo.
- Se realizarán tres mediciones en distintos puntos de la sección transversal del camino: huella interna, centro y huella externa. Cada medición individual incluye dos medidas y se considera el promedio de ellas, si estas difieren de 10 segundos se debe realizar una tercera medida, promediando los dos valores más cercanos.

Cumpliendo todas estas especificaciones anteriores, la apertura al tráfico debe realizarse con la

mezcla suficientemente fría (temperatura ambiente por ejemplo) debido a que las condiciones extremas de calor dificulta el enfriamiento de la mezcla. Desde el primer día de uso, los conductores son capaces de notar ventajas en términos de adherencia neumático-pavimento y visibilidad en condiciones tan adversas como lo puede ser la lluvia. ☹

¿Quieres profundizar?

ANCE, L. 2000. Cálculo de Velocidad en Base a Huellas de Derrape. Buenos Aires. Argentina. Publicación Técnica núm. 9 p.

ASPHALT INSTITUTE. 1989. Manual del Asfalto. Estados Unidos. 477 p.

BARDESI, A. 1999. Fabricación y Puesta de Obra. Actas de: CONGRESO EUROPEO de Mezclas Drenantes. Madrid, España. 17 p.

CONAMA. 2002. Resolución N°022/2002 Califica ambientalmente favorable proyecto que se indica. 46 p.

COSSALTER, V. 2001. Resistencia al Rotolamento. En: Cinematica e dinamica del la motocicletta. 2a Edición. Italia, Editorial Progetto Libreria. pp. 40-42.

DELFIN, F., GONZÁLEZ, G. y DÍAZ, C. 2007. Seguimiento a Mezcla Drenante de Rodadura con siete años servicio, Ruta 207 Paillaco – Valdivia, Chile. Actas de: CONGRESO CILA 2007. La Habana, Cuba. 17 p.

ECHEVERRÍA, G. S. A. Transparencias Tomo I. Santiago. Apuntes del Curso Diseño y Construcción de Firmes, Universidad de Chile. 97 p.

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE. 2002. Consideraciones para la aplicación del índice de fricción internacional de México. Querétaro, México.

Publicación técnica N° 170. En la construcción de carreteras. España, Asociación Española de la Carretera. 65 p.

REBOLLO, O., GONZÁLEZ, R. y BOTASSO, G. 2000. Determinación del Porcentaje de Ligante Óptimo, en Mezclas Asfálticas Abiertas. Buenos Aires, Argentina. 17 p.

RUIZ, A. 1990. Las Mezclas Drenantes en España. Revista Rutas Octubre 1990. 10 p.

RUIZ, A. S.A. Panorámica Española de las Mezclas Bituminosas, Desarrollos Recientes y Consideraciones de Futuro. Madrid, España. Publicación del Centro de Estudios del Transporte de CEDEX.

RUIZ, C. 2000. Las Mezclas Drenantes en Chile. Universidad Técnica Federico Santa María.

Empleo de la herramienta del polígono de vacíos para el diseño de mezclas asfálticas en caliente con incorporación de RAP

Carlos Marín, Guillermo Thenoux
Pontificia Universidad Católica de Chile, crmarin@uc.cl

Introducción

Generalmente, el proceso de diseño de una mezcla asfáltica se compone inicialmente de un diseño volumétrico y posteriormente de unos ensayos mecánicos o empíricos para verificar el diseño. La calidad de la mezcla asfáltica puede variar a causa de muchos factores entre los que se destacan variaciones en el contenido de asfalto y la granulometría, que generalmente ocurren durante la producción en planta, variaciones en la temperatura y energía de compactación lo cual puede suceder durante la compactación en campo, por lo que la mezcla compactada en sitio puede tener parámetros volumétricos y propiedades mecánicas diferentes a las consideradas en el diseño. Se desea que la mezcla asfáltica producida en planta tenga propiedades uniformes y características similares al diseño de la mezcla en el laboratorio el cual busca seleccionar los materiales (agregado, asfalto, filler mineral, aditivos), la granulometría, el contenido óptimo de asfalto, las temperaturas de mezcla y compactación, las propiedades volumétricas de la mezcla y compactación y las propiedades volumétricas de la mezcla, de tal forma que se cumplan los requerimientos elegidos para un proyecto determinado.

La meta de un diseño de mezcla asfáltica es seleccionar un único contenido óptimo de asfalto que permita balancear apropiadamente las propiedades que busca el diseñador y garantice un adecuado desempeño en servicio respecto a las patologías más comunes como la fatiga, fisuración por baja temperatura y ahuellamiento. Es decir, buscar un contenido óptimo de asfalto que garantice un espesor de película delgada que retrase el envejecimiento de la mezcla y su posterior fisuración, una rigidez suficiente que satisfaga las demandas del tránsito sin distorsionarse o ahuellarse y unas propiedades volumétricas convenientes, las cuales han sido históricamente relacionadas con su desempeño y durabilidad. Para cualquier estado de un geomaterial compactado, existen tres propiedades de vacíos y su relación de nombre con la de cualquier otro geomaterial se observa en la Tabla 1.

A través de los años, los diseñadores han establecido estándares máximos y mínimos sobre estas propiedades volumétricas con el fin de excluir aquellas mezclas asfálticas que presentan un desempeño pobre. Por ejemplo, un bajo contenido de vacíos puede producir ahuellamiento y deformaciones, mientras que un

Tabla 1. Parámetros volumétricos de un geomaterial	
Propiedades de vacíos	Nombre genérico en un geomaterial
Vacíos de aire (Va)	Vacíos totales
Vacíos de agregado mineral (VAM)	Porosidad
Vacíos llenos con asfalto (VAF)	Grado de saturación

alto contenido de vacíos produce un envejecimiento acelerado, alta permeabilidad, fragilidad, fisuración prematura, desprendimiento de agregados y daños por humedad. La distribución de los vacíos de aire también afecta la presencia y el movimiento del agua en las mezclas asfálticas. El agua presente en una mezcla asfáltica tiene efectos nocivos sobre la estructura del pavimento, la cual debilita la adhesión entre los agregados y el asfalto y la cohesión de la mezcla misma, produciendo su desintegración y posteriormente la falla de la estructura del pavimento. Los vacíos en el agregado mineral (VAM) cuantifican el área entre las partículas de agregados llenos con aire y el contenido de asfalto efectivo y controlan el contenido mínimo de asfalto en la mezcla y están básicamente relacionados con el cubrimiento de asfalto de las partículas de agregado, la durabilidad y la estabilidad. Es decir, el VAM es la medida utilizada para asegurar un adecuado espesor de película de asfalto sobre la partícula de agregado para lograr una durabilidad aceptable de la mezcla.

Problemática asociada al diseño de una mezcla asfáltica en caliente con pavimento asfáltico recuperado (RAP)

Cuando se requiere determinar el contenido óptimo de asfalto y evaluar las propiedades volumétricas de una mezcla asfáltica con contenidos de RAP, una de las propiedades más importante que debe ser determinada es la gravedad específica efectiva del agre-

gado del RAP (G^{RAP}_{se}). Este parámetro es crítico para determinar de manera precisa los parámetros volumétricos de la mezcla, especialmente los vacíos del agregado mineral (VAM); valor que es una de las propiedades claves utilizado para el diseño y el aseguramiento de la calidad de la mezcla como se mencionó anteriormente. Debido a que la gravedad específica total del agregado del RAP (G^{RAP}_{sb}) no se puede medir directamente, se hace necesario estimarla. Si la fuente del RAP es conocida y los registros de la construcción original están disponibles, el valor de G_{sb} del agregado virgen establecido en estos registros podría utilizarse como valor para el (G^{RAP}_{sb}) del agregado RAP. Sin embargo, si dichos registros (de la construcción original) no están disponibles, el valor de (G^{RAP}_{sb}) debe estimarse de acuerdo con una de las metodologías históricamente propuestas para ello (ver Tabla 2).

Esto implica que según la metodología empleada para determinar el (G^{RAP}_{sb}), el contenido óptimo de asfalto puede ser diferente al igual que las propiedades volumétricas encontradas en la nueva mezcla asfáltica, situación que podría atentar contra el buen desempeño en servicio de la misma. Por ejemplo, en una mezcla que contenga el 25 por ciento de RAP, un error de 0,04 en la gravedad específica puede afectar el VAM calculado en aproximadamente 0,5 por ciento. Este valor puede ser la diferencia para que una mezcla sea aceptada o rechazada de acuerdo a los requerimientos de calidad impuestos o para que la vida a la fatiga se reduzca considerablemente.

Tabla 2. Metodologías para el cálculo de la gravedad específica total (G^{RAP}_{sb}) del agregado del RAP	
Metodología	Descripción
Directa	Medición directa del G^{RAP}_{sb} de los agregados del RAP después de ser recuperados
Substitución	Estimación del G^{RAP}_{sb} a través del valor de G^{RAP}_{mm} . El G^{RAP}_{sb} se asume como si fuera el G^{RAP}_{sb}
Retro-cálculo	Estimación del G^{RAP}_{sb} a través del valor de G^{RAP}_{mm} . El G^{RAP}_{sb} se asume como si fuera G^{RAP}_{sb} . Posteriormente se asume el valor de absorción de los agregados para estimar el G^{RAP}_{sb}

Donde: G^{RAP}_{sb} es la gravedad específica total del agregado del RAP, G^{RAP}_{sb} la gravedad específica efectiva del agregado del RAP y G^{RAP}_{mm} la gravedad máxima teórica del RAP.

El polígono de vacíos como herramienta analítica para el diseño de mezclas asfálticas recicladas

El “polígono de vacíos” es una herramienta analítica utilizada para obtener la fórmula de trabajo o el contenido óptimo de asfalto para cualquier mezcla asfáltica en caliente basada solamente en las especificaciones de vacíos y su fundamento se soporta en la aplicación de las relaciones gravimétricas y volumétricas de las mezclas asfálticas, Mediante esta técnica se pueden mostrar gráfica y analíticamente los parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica representados por el contenido de asfalto (P_b) y la den-

sidad compactada (G_{mb}). Es decir, se determinan la densidad de la mezcla compactada (G_{mb}) de acuerdo con sus propiedades volumétricas: vados de aire (V_a), vacíos en el agregado mineral (VAM) y vacíos llenos con asfalto (VFA) y las constantes de la gravedad específica total del agregado combinado —agregados vírgenes y agregados del RAP— ($G_{se\ comb}$), la gravedad específica efectiva del agregado combinado ($G_{se\ comb}$) y la gravedad específica del asfalto (G_b). La formulación propuesta para la construcción del polígono de vacíos se describe en la Tabla 3, donde la densidad compactada de la mezcla asfáltica está definida en términos de los vacíos de aire.

Tabla 3. Formulación matemática para la construcción del polígono de vacíos

Fórmula	Descripción
$G_{mb} = \frac{(1 - V_a)}{\frac{P_b}{G_b} + \frac{(1 - P_b)}{G_{se\ comb}}} \quad (1)$	<p>Existe una situación específica cuando $V_a = 0$. En este caso, la ecuación representa un límite ya que cualquier combinación de P_b y G_{mb} puede encontrarse por encima de esta curva llamada “curva de saturación” y la ecuación se convierte en:</p> $G_{mb} = \frac{1}{\frac{P_b}{G_b} + \frac{(1 - P_b)}{G_{se\ comb}}} \quad (2)$
$G_{mb} = \frac{(1 - VMA)}{(1 - P_b)} \times G_{se\ comb} \quad (3)$	<p>De igual manera la densidad compactada de una mezcla asfáltica está relacionada con sus vacíos en el agregado mineral.</p>
$G_{mb} = \frac{VMA}{\frac{P_b}{G_b} + \frac{(1 - P_b)}{G_{se\ comb}}} - (1 - S) \times \frac{(1 - P_b)}{G_{se\ comb}} \quad (4)$	<p>La proporción de vacíos llenos con asfalto (VFA) representa un grado de saturación, esto es, la relación entre el volumen de vacíos llenos con líquido y el volumen total de vacíos. En este caso existe un 100% de saturación, es decir $VFA = 1$; por lo que esta ecuación representa la “línea de saturación” y se convierte en</p> $G_{mb} = \frac{1}{\frac{P_b}{G_b} + \frac{(1 - P_b)}{G_{se\ comb}}} \quad (5)$

La Figura 1 muestra la construcción de un polígono de vacíos, para lo cual se utilizan las fórmulas matemáticas de las definiciones de vacíos, es decir, vacíos de aire (V_a), vacíos en el agregado mineral (VAM) y los vacíos llenos con asfalto (VAF). La intersección de estas curvas correspondientes a los niveles máximo y mínimo requeridos por las especificaciones dando origen a los vértices del polígono. Existen al menos 10 puntos de intersección que se convierten en los puntos clave para la configuración del polígono de vacíos. La definición de estos puntos se logra por la intersección de las curvas fundamentales.

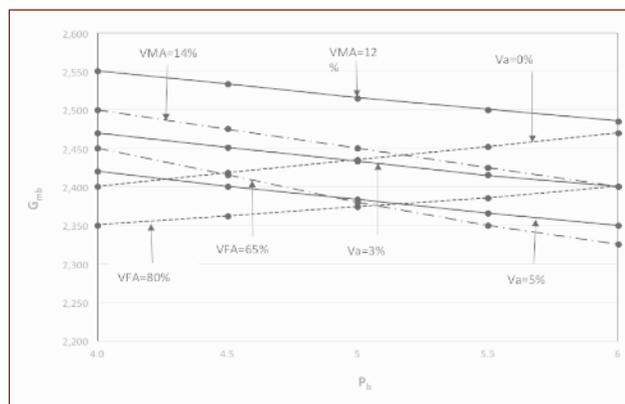


Figura 1. Construcción del polígono de vacíos.



NUESTRAS EMPRESAS TRABAJANDO EN CONJUNTO PARA CONTINUAR
**CONSTRUYENDO LOS
CAMINOS DE MÉXICO**



**EJECUCIÓN DE
PROYECTOS**



EMULSIONES



**MEZCLAS
ASFÁLTICAS**



DISTRIBUCIÓN AC-20
(SOMOS DISTRIBUIDOR AUTORIZADO POR PEMEX)

Si todas las especificaciones de los vacíos se quisieran representar dentro del plano (Pb-Gmb) para una mezcla asfáltica dada, existiría un área máxima donde todas las especificaciones se cumplen. Esta área se conoce con el nombre de “polígono de vacíos”. De acuerdo con esta definición, cualquier combinación de contenido de asfalto y densidad dentro del polígono debería cumplir simultáneamente todas las especificaciones (Figura 2). La fórmula de trabajo referida al contenido óptimo de asfalto se obtiene calculando el centroide del área del polígono que generan las intersecciones de las curvas de vacíos.

Algunos trabajos anteriores han demostrado la aplicación de esta herramienta en el análisis y diseño de mezclas asfálticas en caliente elaboradas tanto por el método Marshall como el Superpave con materiales vírgenes. Sin embargo, debido al aumento en la utilización del RAP en nuevas mezclas asfálticas, surge el interés de probar si la herramienta del polígono de vacíos permite obtener el contenido óptimo de asfalto y que sea comparable con aquel obtenido con el diseño tradicional Marshall propuesto por el Asphalt Institute MS-4.

Vértice	P _b	G _{mb}
1	4,53	2,414
2	5,05	2,427
3	5,91	2,393
4	5,13	2,374
5	5,08	2,376
1	4,53	2,414
-	-	-
centroide	5,14	2,397

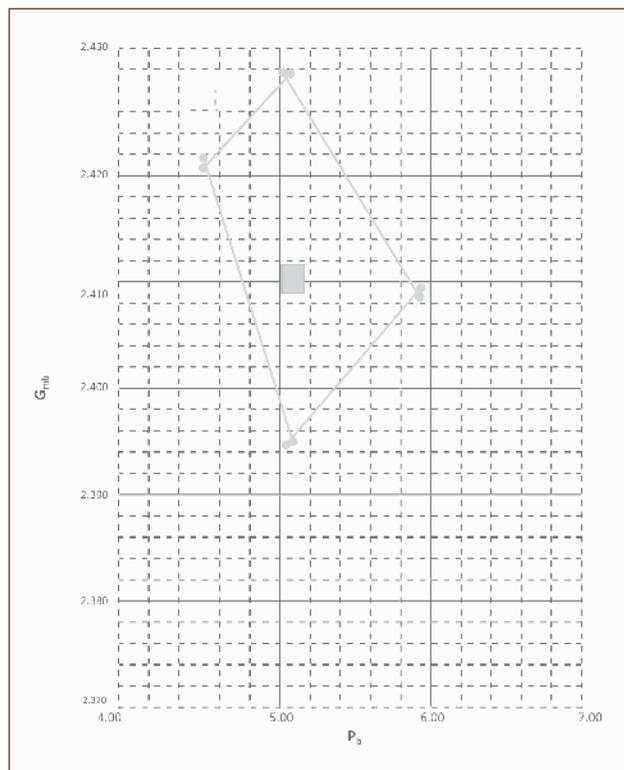


Figura 2. Definición del polígono de vacíos.

Ventajas en el empleo de la herramienta del polígono de vacíos

El análisis volumétrico en los métodos de diseño Marshall como Superpave para el diseño de mezclas asfálticas se realiza a través de la fabricación de aproximadamente 15 probetas; 3 por contenido de asfalto para 5 contenidos de asfalto distintos. La herramienta del polígono de vacíos permite no solo un ahorro considerable en el tiempo de diseño de la mezcla asfáltica sino también en el número de probetas utilizadas, ya que se obtienen los mismos resultados de un diseño completo solo con un cuarto o un quinto del número de probetas; es decir, aproximadamente con 3 probetas. El ahorro proveniente de la aceleración de los resultados no solo es para los proyectistas de mezclas asfálticas sino también para los investigadores que afirman que aplicando esta técnica pueden evaluar entre cuatro y cinco combinaciones diferentes de agregados con los mismos recursos y tiempo que emplearían al aplicar los métodos Marshall o Superpave en su forma convencional.

Metodología

La metodología propuesta para desarrollar este estudio presenta dos fases bien definidas. La primera

de ellas, es la ejecución del diseño Marshall tradicional para cada una de las mezclas propuestas y así obtener el contenido óptimo de asfalto. La segunda fase corresponde a la aplicación de la herramienta del “polígono de vacíos” de acuerdo con las características de los materiales y requerimientos de diseño de la mezcla para luego obtener también el contenido óptimo de asfalto. Esta herramienta se implementó con la ayuda de una hoja de cálculo programada por el autor principal. Posteriormente, los resultados fueron calibrados de acuerdo con los datos presentados y comparados con los obtenidos por el método tradicional.

Plan experimental

Durante la primera fase propuesta en la metodología, se desarrolló un plan experimental para realizar el diseño Marshall de mezclas asfálticas en caliente con contenidos de RAP de 0, 10, 25, 40, 50 y 70. Para desarrollar la totalidad del diseño se realizaron diversas tareas con el fin de caracterizar los materiales empleados, definir la estructura granulométrica de prueba y obtener el contenido óptimo de asfalto como se muestra en la Figura 3.

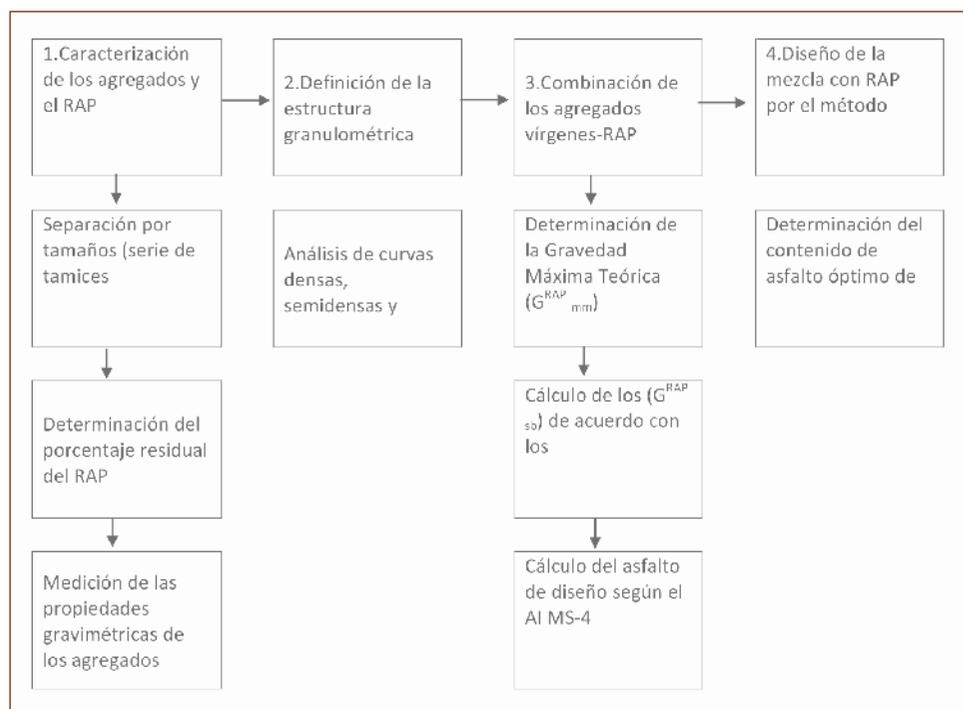


Figura 3. Diagrama de flujo de trabajo para el diseño de mezclas asfálticas con RAP.

Caracterización de los agregados vírgenes y del RAP. El material reciclado (RAP) tiene su origen en las labores de fresado de una capa asfáltica en la calle Coronel Souper en la Comuna de Santiago Centro (Santiago de Chile) y contiene un 5,5% de asfalto residual. Su caracterización y la de los agregados vírgenes se compone de tres partes fundamentales. La primera de ellas correspondió a la separación de todos los agregados, incluyendo los del RAP, por tamaños en el laboratorio, lo cual ayuda a garantizar una distribución continua del tamaño de las partículas

cuando se mezclen, además de facilitar la constitución de la estructura granulométrica objetivo. Dichos tamaños están representados por los tamices: 3/4" (19,05 mm), 1/2" (12,7 mm), 3/8" (9,5 mm), #4 (4,75 mm), #8 (2,38 mm), #30 (0,599), #50 (0,297), #100 (0,152 mm), # 200 (0,075 mm). En la segunda parte se evaluó el contenido de asfalto residual del material RAP y finalmente se determinaron las propiedades gravimétricas de los agregados. La Tabla 4 muestra los ensayos de laboratorio utilizados para definir las tres partes de la caracterización de los agregados.

Tabla 4. Ensayos de laboratorio al agregado virgen y al RAP	
Propiedad	Norma Ensayo
Determinación del asfalto residual del RAP (Método de la centrifuga)	AASHTO T 164 (Método A)
Determinación de las propiedades gravimétricas de los agregados (vírgenes y recuperados del RAP)	
• Gravedad específica y absorción de los agregados finos	AASHTO T84
• Gravedad específica y absorción de los agregados gruesos	AASHTO T85
• Peso específico de los sólidos	AASHTO T100

Las propiedades más importantes de los agregados del RAP obtenidas después de sus respectivos ensayos fueron: contenido de asfalto residual de 5,5% y una gravedad máxima teórica promedio (G_{mm}^{RAP}) de 2,308 g/cm³.

Determinación de la estructura granulométrica de prueba. La Figura 4 muestra la granulometría elegida que corresponde al tipo IV-A-12 semidensa establecida por el Manual de Carreteras de Chile (versión 2012) y recomendada para capas de rodadura.

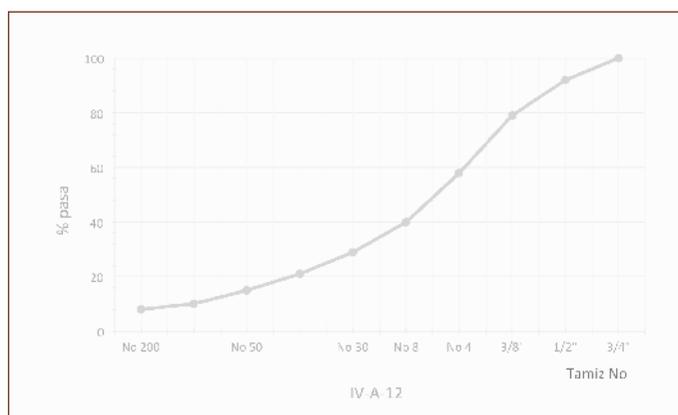


Figura 4. Estructura granulométrica de prueba.

Combinación de los agregados vírgenes y el RAP. Las mezclas fueron diseñadas conservando la misma gradación independientemente del porcentaje de RAP adicionado. Posteriormente se obtuvieron para todas las mezclas asfálticas, los valores de la gravedad máxima teórica (Gmm) de acuerdo con la norma AASTHO T209. Se estimaron también los valores de GRAPsb de acuerdo con las tres metodologías disponibles. La gravedad específica total combinada (Gsb comb) de cada mezcla de agregados con diferentes contenidos de RAP se determinó utilizando la siguiente ecuación:

$$Gsb\ comb = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{G_i}}$$

donde P_i es el porcentaje de agregado de fuente i y G_i es la gravedad específica total de la fuente i .

Diseño de la mezcla con RAP por el método Marshall. Las muestras fueron fabricadas por el método Marshall para 75 golpes por cara. Se eligió esta metodología dado que en Chile sigue vigente y aún no se incorpora el diseño de mezclas asfálticas por el

método Superpave. Se utilizó un asfalto tipo CA-24 que es el más empleado en el país. Se procedió con el diseño fabricando tres muestras para cada uno de los cinco contenidos de asfalto tomando como base el contenido inicial de asfalto calculado por medio del procedimiento recomendado por el Instituto del Asfalto (2007). Los contenidos iniciales de asfalto virgen a adicionar calculados fueron: 5,5, 5,0, 4,1, 3,3, 2,8, y 1,7 para los porcentajes de adición de RAP de 0, 10, 25, 40, 50 y 70 respectivamente.

Tradicionalmente cuando se realiza un diseño de una mezcla asfáltica por el método Marshall, se

obtiene la cantidad óptima de asfalto a través del promedio de tres valores que representan las propiedades de diseño más importantes, ellas son: vacíos de aire (generalmente el 4), la máxima estabilidad y la máxima densidad. Sin embargo, la tendencia actual es calcular la cantidad óptima de asfalto para el porcentaje de vacíos de aire (Va) de referencia y posteriormente verificar los umbrales requeridos para las demás propiedades de la mezcla, procedimiento que se realizó en esta investigación. Basados en lo anterior, los resultados de los diseños se observan en la Tabla 5.

Contenido de RAP en la mezcla (%)	Contenido óptimo de asfalto para 4% de Va
0	5,4
10	5,2
25	5,6
40	5,4
50	5,7
70	6,1

Nota: los contenidos de asfalto óptimo son establecidos en relación al total del peso de la mezcla

Generalmente en el diseño de una mezcla asfáltica se requiere un valor mínimo y máximo para cada una de las propiedades volumétricas ya definidas. Algunos investigadores han recomendado que el valor de VAM sea limitado a un nivel máximo, generalmente a 1,5 – 2,0 por encima del valor mínimo, con el fin de prevenir una resistencia baja al ahue-

llamiento. De igual manera, el Va se ha establecido generalmente en un 4%, con un rango que oscila entre 3 y 5. En Chile, por ejemplo, el Va de diseño se estableció en un 5 con un rango de entre 4 y 6. En la Tabla 6 se observan los valores de control de las propiedades volumétricas utilizados para establecer las distintas fórmulas de trabajo.

Propiedad volumétrica	Símbolo	Valor objetivo	Rango	Observación
Vacíos de aire	Va	4%	3-5%	Valor propuesto tradicionalmente para el diseño Marshall y Superpave
Vacíos de agregado mineral	VAM	Mínimo 13%	12-14%	Para tamaño máximo nominal 19 mm según Superpave
Vacíos llenos de asfalto	VAF	-	65-80%	-



Resultados y discusión

Gravedad específica total del agregado del RAP.

Se ha argumentado que, si el cálculo del G_{sb}^{RAP} es incorrecto, afectará el VAM calculado para la mezcla, lo cual podría dar como resultado problemas de durabilidad. La magnitud del error de V/IM dependerá del error del G_{sb}^{RAP} . La Figura 5 ilustra los valores de G_{sb}^{RAP} obtenidos para cada una de las metodologías así como las barras del 1'01' típico que indican el intervalo del 95 de confiabilidad. Estos valores se han ido ajustando continuamente a través de mediciones del G_{mm}^{RAP} y de datos de absorciones de asfalto de los agregados vírgenes empleados en Chile, específicamente en la ciudad de Santiago. Por ello, los valores presentados en este trabajo pueden variar a los ya publicados.

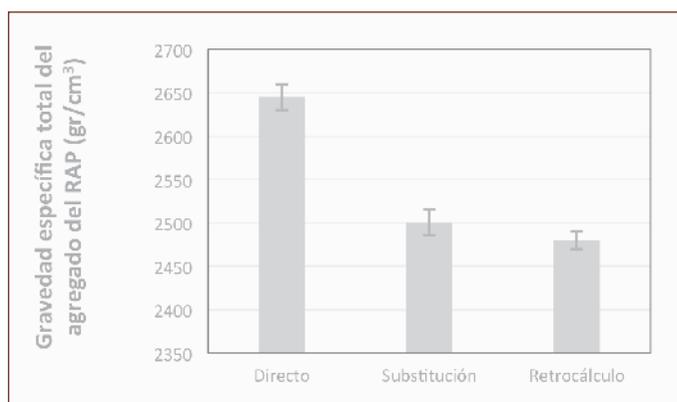


Figura 5. Gravedad específica neta de los agregados del RAP.

Los resultados muestran que los valores de G_{sb}^{RAP} obtenidos por el método directo son más altos mientras que los otros dos métodos, dan resultados similares. Esto se puede deber al proceso de extracción del asfalto residual del RAP, el cual puede cambiar las propiedades del agregado y dar como resultado un cambio en la cantidad de material fino, afectando la gravedad específica. Además, el valor encontrado de G_{sb}^{RAP} por el método directo es más grande que el obtenido por el método de la sustitución (donde G_{se}^{RAP} es reemplazado por G_{sb}^{RAP}), lo cual es inconsistente porque la primera propiedad, siempre es menor a la segunda para un agregado dado.

Contenido óptimo de asfalto por el polígono de vacíos. La Figura 6 representa los contenidos de as-

falto óptimos calculados de acuerdo con las tres metodologías disponibles según el valor de G_{sb}^{RAP} asumido. Estos valores fueron calculados para un V_a del 4%.

Como se muestra en la Figura 6, los valores de contenido óptimo de asfalto más cercanos a los obtenidos por el método Marshall son aquellos calculados por el método de la sustitución seguido por los del método del retro-cálculo y finalmente, muy lejos los valores por el método directo. Los valores arrojados por el método del retro-cálculo se alejan un poco con respecto a los del Marshall a partir de 150 de adición de RAP.

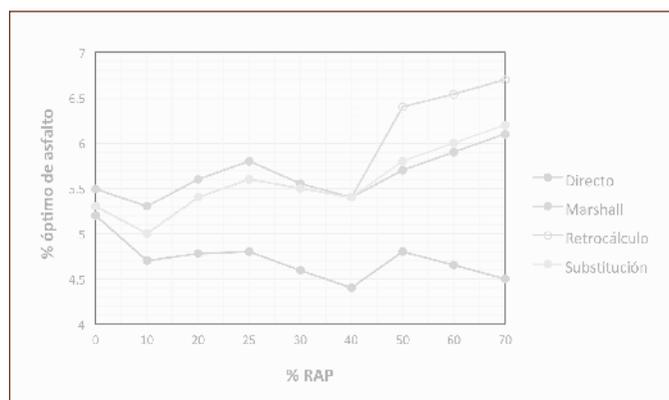


Figura 6. Contenidos óptimos promedio de asfalto según metodologías.

Dada la dispersión de los valores de G_{sb}^{RAP} , se puede calcular el contenido de asfalto máximo y mínimo empleando el polígono de vacíos y determinar los rangos específicos dentro del cual este contenido de asfalto se puede encontrar.

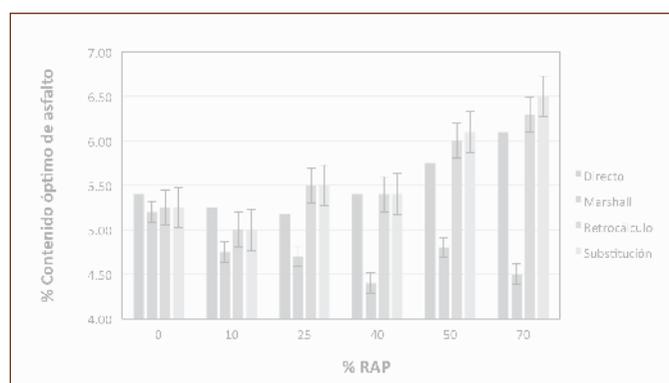


Figura 7. Variación porcentual del contenido óptimo de asfalto medido a través de las tres metodologías (para un 4% de V_a).

La Figura 7 muestra los valores promedios del contenido óptimo de asfalto y sus respectivos límites del error típico de acuerdo con la dispersión de G^{RAP}_{sb} para un 95% de confiabilidad, utilizando las metodologías mencionadas arriba. Se puede observar que a medida que se incrementa el RAP en la mezcla, el rango de valores del contenido óptimo de asfalto se hace más grande, indicando una mayor dispersión de los posibles valores de contenido óptimo de asfalto. Por lo tanto, la magnitud del error de VAM dependerá no solamente del error en la medición del G^{RAP}_{sb} sino también del contenido de RAP en la mezcla.

Conclusiones

El polígono de vacíos es una herramienta analítica utilizada para estimar el contenido óptimo de asfalto solamente haciendo uso de las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica. Esta herramienta fue probada con éxito en mezclas asfálticas con agregados vírgenes diseñadas por los métodos Marshall y Superpave.

En este trabajo se mostró la validez del polígono de vacíos como predictor del contenido óptimo de asfalto para mezclas asfálticas en caliente con incorporación de distintas cantidades de rap, dando a conocer las dificultades que se plantean a la hora de su diseño. Los resultados muestran que dichos contenidos óptimos son similares a los estimados mediante un diseño típico Marshall si se emplea la metodología de la sustitución para el cálculo de la gravedad específica total del agregado del RAP (G^{RAP}_{sb}). Esto brinda facilidades para la estimación previa del contenido de asfalto ya que dicho método solamente requiere el cálculo del G^{RAP}_{mm} a través de la medición del G^{RAP}_{sb} en laboratorio, lo cual es bastante simple y rápido de ejecutar. En el caso de contar con la propiedad de absorción de asfalto de los agregados, aplicar la metodología del retro-cálculo también arroja valores cercanos a los del diseño Marshall, pero se van alejando cuando se incorpora el 70% de RAP en la nueva mezcla.

Una ventaja de este método es la menor dispersión en el cálculo del G^{RAP}_{sb} comparado con el método de la sustitución, lo que permite tener certeza en la determinación del contenido óptimo de asfalto. Es importante establecer que la propiedad de los vacíos de aire (Va) se eligió como criterio para la determinación del contenido de asfalto óptimo por el método Marshall (4% Va).

En resumen, la herramienta del polígono de vacíos es promisoría para la estimación del contenido de asfalto óptimo de las mezclas asfálticas que contienen material asfáltico recuperado – RAP. Sin embargo, se recomienda para futuras investigaciones realizar más ensayos de laboratorio para confirmar los hallazgos de esta investigación utilizando agregados con diferentes absorciones de asfalto, fuentes de RAP, gradaciones y tipos de asfalto. Por otra parte, para una mayor validación del polígono de vacíos, se sugiere discutir en detalle acerca de los valores obtenidos de G^{RAP}_{sb} por las tres metodologías con el fin de determinar si existen cambios en la interpretación del polígono de vacíos y las propiedades volumétricas de la mezcla, además de discutir las propiedades volumétricas de las mezclas fabricadas con los contenidos de asfalto determinados con esta herramienta. 

¿Quieres profundizar?

- [1] P. Garnica, M. Flores, J. Gómez y H. Delgado, *Caracterización geomecánica de mezclas asfálticas*, Publicación técnica N. 267 ed., Sanfandila, Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte (IMT), 2005.
- [2] N. McLeod, *Voids Requirement for Dense-graded Bituminous Paving Mixtures*, West Conshohocken: ASTM, 1959, pp. 81-112.
- [3] Asphalt Institute, *MS-2: Mix Design Methods*, 6th ed., Lexington, 1997.
- [4] N. McLeod, «Relationships Between Density, Bitumen Content and Voids Properties of Compacted Bituminous Paving Mixtures,» de *Proceedings 35th Annual Meeting*.



DISTRIBUIDOR NACIONAL PLANTAS DE ASFALTO DE CONTRA FLUJO



CAPACIDADES: 50, 80, 120, 160, 200, 260 y 300 TPH

VENTA • RENTA • SERVICIOS • REFACCIONES

Contamos con 14 sucursales en la República Mexicana

ameco.com.mx

Tel:(55) 8503 3500

01 800 11 AMECO 26326

Autopista México-Querétaro No. 3065-A, Col. Industrial Tlaxcolpan, Tlalnepanitla, C.P. 54040, Estado de México



Distribuidores de



www.quimicaboss.com.mx

Tel: 01(33)3684-0505

asfaltos@quimicaboss.com.mx

POLIMEROS MODIFICADORES DE ASFALTO

TERPOLÍMERO DE ETILENO
Lotader AX - 8900
Asfalto Modificado

BUTONAL NX-4190
BUTONAL NX-1129

APLICACIÓN
EMULSION
Modificada y mezcla en caliente

Polímero SBR.

**!Una solución
Confiable!**



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

¡Técnico laboratorista,
capacítate en agregados!

Próximo curso del 26 al 28 de octubre de 2016



Inscripciones:
eventos@amaac.org.mx

amaac.org.mx

Preservación de la integridad del pavimento con tratamiento superficial

Revista *Performance*

Introducción

La conservación del pavimento a través del uso oportuno de los tratamientos superficiales es una opción particularmente atractiva para las autoridades responsables de las vialidades que se esfuerzan por mantener los activos del modo más rentable posible. Prácticamente todo el mundo está en un periodo de restricción fiscal y también de una imposición más estricta de la medición de emisiones de carbono para compensar el cambio climático. El artículo explora como el tratamiento superficial puede ayudar a preservar la integridad del pavimento, incluso durante las inclemencias meteorológicas más duras posibles de una manera que es relativamente económica y con un impacto medioambiental mínimo.

Perspectivas cambiantes

Las carreteras se están considerando cada vez más como importantes activos estatales, en términos de los beneficios sociales y económicos que ofrecen y, como tales, merecedoras de la mejor gestión para mantener su valor. La conservación del pavimento se está convirtiendo en una mantra universal. Es cosa sabida que mantener la integridad de una superficie de carretera requiere una intervención oportuna y apropiada.

Los tratamientos y programas prescritos varían hasta un cierto punto, pero ahora todas las autoridades viarias se encuentran bajo presión para cambiar sus prioridades financieras y reducir sus presupuestos. Las consideraciones medioambientales y las opciones de bajo carbono se están haciendo cada vez más importantes en las elecciones de mantenimiento.

Ya esté directamente relacionado con el cambio climático o no, las diferentes regiones pueden ocasionalmente verse sometidas a unas condiciones meteorológicas extremadamente severas. El descuido en el mantenimiento, la lluvia, la nieve y el hielo de tales eventos, puede ser un catalizador del fallo del pavimento mucho antes del tiempo razonable que podría esperarse.

Integridad del pavimento

La superficie de cualquier calzada de carretera proporciona las funciones de interfaz clave entre el usuario final, el rendimiento de la carretera y la integridad del pavimento. Durante la vida útil del pavimento, es la superficie la que está más

sujeta a las condiciones más onerosas de la carga directa del tránsito y de las tensiones y deformaciones relacionadas con las condiciones meteorológicas.

Los pavimentos tienden a ganar en resistencia y consistencia a medida que maduran. Esto proporciona una mayor resistencia a los efectos acumulativos de unos mayores volúmenes de tránsito y mayores cargas. Sin embargo, en algún momento este estado óptimo de salud de la superficie del pavimento, incluyendo la resistencia al patinaje, se deteriorará y el propio pavimento podría estar sometido a un trauma severo, si se deja que esta condición prosiga sin remediarse.

Una vez que la integridad de la superficie ha sido puesta en peligro, el alcance del fallo tiende a incrementarse a un ritmo acelerado. La entrada de agua en el propio pavimento, y a través del mismo, seguido por una condición atmosférica extrema, causa fuertes impactos y es la causa principal. Las condiciones climáticas actuales dan como resultado que muchas carreteras sufran una oleada de fallas de superficie, principalmente baches y desmoronamiento en las juntas de construcción.

Las técnicas de reparación y bacheo localizado proporcionan un alivio inmediato, pero por lo general, se consideran como soluciones temporales. Existe una alta probabilidad de que la intervención por sellado con un tratamiento superficial hubiera podido impedir estas áreas de reparación.

La opción de tratamiento superficial

El tratamiento superficial es una opción probada de mantenimiento de costo relativamente bajo, usada por todo el mundo. El proceso requiere unos bajos niveles de recursos naturales, es rápido de realizar con un mínimo de molestia para los usuarios de la vialidades y genera comparativamente menos emisiones. Es fundamentalmente un proceso en frío que requiere poco calor.

Crucialmente, sella la vieja superficie de la carretera y reduce la posibilidad de que la humedad se introduzca en el pavimento. El tratamiento super-

ficial no aporta una contribución estructural al pavimento, pero salvaguarda la propia estructura del pavimento, alargando la vida del mismo.

La clave está en la nueva película de ligante proporcionada en el proceso del tratamiento superficial. Las superficies de carreteras soportan años de tránsito, ciclos meteorológicos y, con mucha frecuencia las obras de reparación de las compañías de servicios públicos. La acción de contacto de los neumáticos y los deterioros superficiales desgastan la película del asfalto original de la superficie expuesta.

La oportuna aplicación de una nueva película de ligante puede resellar la superficie y retardar el inicio de ese nivel crítico de resistencia que podría dar como resultado, un fallo prematuro inducido por las condiciones de helada / deshielo.

La elección de ligante es importante. Los procedimientos sencillos de tratamiento superficial podrían requerir unos grados estándar de asfalto, mientras que el tratamiento superficial para carreteras de mayor categoría con mucho tránsito (cada vez más utilizados en ciertos países europeos) utiliza asfaltos modificados con polímeros. La industria actual ofrece toda una elección de asfaltos modificados para asegurar que tenga a su disposición el asfalto apropiado, cualquiera que sea su necesidad.

Existen una serie de evidencias que demuestran que en condiciones climáticas extremas, las superficies desgastadas mantenidas rutinariamente usando técnicas económicas con tratamiento superficial, no terminaron con tantos baches ni desmoronamiento de juntas.

Conclusión

El tratamiento superficial es un medio relativamente ecológico y altamente eficaz de preservar la integridad del pavimento. Es especialmente apropiado a estos tiempos de restricción fiscal y de preocupación creciente sobre el cambio climático. El tratamiento superficial es un medio apropiado y relativamente económico de alargar de forma sustancial la vida útil del pavimento. 



Las bases del liderazgo

Gustavo Chávez Martínez
Revista AH

Se puede definir el liderazgo como un proceso de interacción entre personas en el cual una de ellas conduce, mediante su influencia personal y poder, las energías, potencialidades y actividades de un grupo, para alcanzar una meta común a fin de transformar tanto a la empresa como a las personas que colaboran en ella.

Para llegar a ser líder, primero se requiere el pensamiento estratégico. La función más importante y trascendente de un dirigente es visualizar el futuro, estar alerta a los cambios externos, investigar y comprender las tendencias. La estrategia y la manera de organizarse es el primer paso y siempre debe ser de afuera hacia adentro.

Después hace falta la acción, que es la manera en que debe dirigir el futuro desde ahora: construir e influir en los acontecimientos. Es la fuerza de cambiar el entorno la que nos lleva a influir en los demás y, por lo tanto, ejercer el liderazgo.

Por último, hay que inspirar e involucrar a otros, motivando, organizando y trabajando en equipo para sumar esfuerzos y multiplicar resultados.

El jefe como líder

Para que una organización tenga éxito debe contar con líderes. Los gerentes que están en el proceso de transición hacia "líderes grupales" (ya sea como

título, concepto o ambos) no sólo requieren cambiar en forma significativa sus actitudes mentales, sino que también deben modificar sustantivamente la función que desempeñan. Se convertirán en facilitadores de trabajo en equipo.

Cuando se piensa en el gerente tradicional se percibe a un ejecutivo que toma decisiones, delega, dirige y frecuentemente programa el trabajo de los demás. Cuando se piensa en un líder de equipo nos viene a la cabeza la imagen de un motivador. Un líder de equipo logra que los individuos trabajen coherentemente en proyectos definidos con marcos de tiempo predeterminados. Cuando nos imagi-

namos a un equipo y su líder, éste no siempre es la persona más prominente. De vez en cuando, uno o más miembros del equipo adquieren relevancia heroica al lograr algo dramáticamente bueno para el equipo. Por ejemplo, algunas veces el entrenador de un equipo deportivo puede convertirse en una personalidad de renombre en todo el país, sin embargo, casi siempre está fuera de la vista del público.

La transformación de jefe a líder

Lo fundamental es comprender que la tarea formal no es la única área de resultados. Como encargado de un



área determinada de la organización, el jefe debe asegurarse de controlar el proceso para que se cumplan las tareas encomendadas; sin embargo, cuando además de jefe se es líder, también debe ocuparse de las personas y de los grupos.

Pasar de jefe a líder significa reconocer tres áreas de resultados igualmente importantes:

1. **Tareas.** Donde se trata de lograr resultados específicos, en la cantidad, con la calidad y la oportunidad requeridas. El reto actual es asegurar una mayor productividad y calidad.
2. **Personas.** Donde se requiere ocuparse de los individuos a su cargo para asegurar su capacitación, motivación y progreso. El reto actual es una mayor preparación, involucramiento y responsabilidad.
3. **Grupos.** Donde debe asegurarse su integración y desarrollo, así como un clima de comunicación y colaboración. El reto actual es conseguir una mayor participación y trabajo en equipo.

Habilidades que debe poseer el líder

El líder tiene que poseer las habilidades necesarias para satisfacer las necesidades de las personas y miembros de la empresa, lo que implica ser capaz de conducirse en forma tal que:

- Aumente la autoestima y valía de los miembros de su equipo.
- Aumente la cohesión y el espíritu de equipo de los miembros de su grupo.

Pero también requiere habilidades para satisfacer las necesidades organizacionales, se trata aquí de una conducta que:

- Motive la productividad y el logro de las metas organizacionales.
- Apoye a los miembros para alcanzar esas metas por sí mismos (proporcionando la planeación, programación, coordinación, solución de problemas y suministro de los recursos necesarios).

Podemos considerar los anteriores dilemas en función del grado de participación en las decisiones que se está dispuesto a otorgar a los demás, conforme se presenta a continuación:

- a) Inspirar confianza en su gente,
- b) Centrarse en las personas, y
- c) Desarrollar un equipo.

Lograr lo anterior implica, por supuesto, cambios en las actitudes y enfoques, trabajar bajo un estilo de formación y desarrollo, lo que representa conductas como:

- *Inspirar confianza en su gente.* Cambiar la actitud tradicional de intervenir para dar instrucciones y corregir a otra capaz de inspirar una visión común, modelar con el ejemplo, reconocer y recompensar todos los esfuerzos. Estas son las únicas vías para ganar la confianza de la gente y reforzar consistentemente el cambio.
- *Centrarse en las personas.* Responder a las necesidades que cada individuo tiene como ser humano.
- *Desarrollar un equipo.* Mejorar la calidad y la productividad a través de trabajar de manera interdisciplinaria, aumentar la participación y ser capaz de utilizar y fomentar los mejores recursos del grupo.
- *Generar un clima motivador.* Los procesos de calidad y el buen servicio se basan en la participación de la gente y en estimular su iniciativa

para que actúen con responsabilidad sin necesidad de vigilancia.

¿Cómo inspira confianza un líder?

Las primeras etapas en el desarrollo de un equipo son de lucha y adaptación, de desconfianza y conductas defensivas. Como se van resolviendo los conflictos, se van fijando las metas y se definen los roles. La desconfianza y la actitud defensiva son reemplazadas por confianza y cooperación.

En esencia, la etapa formativa de un equipo es la búsqueda de la confianza, sin ella el trabajo es imposible.

Para construir o reconstruir la confianza, el líder tiene que:

- Tener metas claras y consistentes,
- Estar abierto, ser justo y dispuesto a escuchar,
- Ser decisivo,
- Apoyar a todos los miembros del equipo,
- Tomar responsabilidad en las acciones del equipo,
- Dar crédito a los miembros del equipo,
- Ser sensible a las necesidades de los miembros del equipo,
- Respetar la opinión de otros.

En un equipo de confianza debe ser en doble sentido. Otros deben confiar en el líder, pero también el líder debe estar preparado para confiar en los demás.

Triple enfoque del dirigente

Para que el liderazgo sea efectivo debe enfocarse simultáneamente en tres aspectos importantes:

1. **Visión estratégica.** Corresponsable de la sobrevivencia, estabilidad

y crecimiento de su organización. Debe actuar desde su posición, con visión estratégica, con enfoque global, que le permita relacionar su unidad con el medio, detectar oportunidades y contribuir a asegurar su permanencia, ventaja competitiva y desarrollo futuro.

2. Efectividad como organizador.

Debe integrar y coordinar las actividades internas, buscando el logro de los objetivos propuestos a través de la inspiración e involucración de otros y del trabajo en equipo. Debe también crear un ambiente que estimule la comunicación y colaboración.

3. Empuje de líder.

Debe ser capaz de transformar su organización y su entorno, desafiando las rutinas, las prácticas y el pensamiento establecido emprendiendo nuevas acciones, inspirando una visión común y motivando a su propio grupo, formarlos e impulsar su progreso y desarrollo.

Comportamientos fundamentales del liderazgo efectivo

El liderazgo exige del individuo energía para impulsar soluciones en situaciones difíciles que pueden incluso desafiar las respuestas tradicionales; inteligencia y capacidad para modelar caminos; equilibrio emocional para poder interrelacionarse en forma adulta con las personas a quienes dirige, e integridad que lo faculta para inspirar y motivar a quienes lo siguen. Los comportamientos fundamentales del liderazgo efectivo son:

1. Desafiar el proceso.

Las empresas siempre están en constante transformación. Cada vez hay nuevas tecnologías, lo que permite que se mejoren

los productos y los procesos de trabajo. Para que una empresa sobreviva a estos cambios turbulentos necesita líderes que tengan la capacidad de innovación. El líder es quien tiene la capacidad para detectar aquellos procesos de trabajo, políticas de acción, productos o servicios que impiden el logro de los objetivos de la empresa y proponer soluciones de campo.

Para que el líder pueda modificar una situación, un proceso de trabajo, una política o un servicio, requiere, antes que nada, conocer a profundidad lo que se quiere cambiar. Conocimiento y audacia.

El líder se debe comprometer a que se haga efectiva la solución propuesta, asumir los riesgos con responsabilidad y trabajar activamente para que los cambios conduzcan a la obtención de los resultados positivos que se esperan.

La aplicación de un nuevo proceso, de una nueva política o el ofrecimiento de un nuevo producto o servicio, no están exentos de riesgos o resultados no esperados. El líder que se compromete con el cambio debe estar atento a corregir el rumbo a tiempo y admitir el error en caso de que éste exista sin buscar justificarse o culpar a otro.

2. Inspirar una visión común.

En toda empresa, se reúnen una serie de personas con un propósito determinado y una visión a futuro. Cuando no existe esta visión común lo más probable es que no existe un auténtico liderazgo, el grupo se desintegre y las personas busquen otro grupo que comparta sus intereses.

Si los colaboradores de la empresa conocen y comparten el propósito y la visión, será fácil cumplir con la misión que se han propuesto.

La creación de esta visión común dentro de la empresa es un aporte sustantivo de los líderes. Su capacidad

de inspirar y transmitir cotidianamente esta visión servirá para orientar todas las actividades que se desarrollan en la empresa hacia el logro del objetivo propuesto.

En el líder recae la responsabilidad de involucrar a sus colaboradores en la visión común de futuro. La mejor forma de lograrlo es explicar al grupo los beneficios que se obtendrán si se esfuerzan por lograr que la visión común se haga realidad.

El auténtico líder debe tener claridad sobre la visión de futuro que quiere transmitir a sus colaboradores y programa su esfuerzo y entusiasmo para hacerla realidad.

El líder debe esforzarse por lograr que todos compartan efectivamente el interés por alcanzar esta visión, y debe tener la precaución de alejar o separar del grupo de colaboradores a aquellas personas que no compartan la visión o no se esfuerzan positivamente por alcanzarla.

3. Reconocer y motivar.

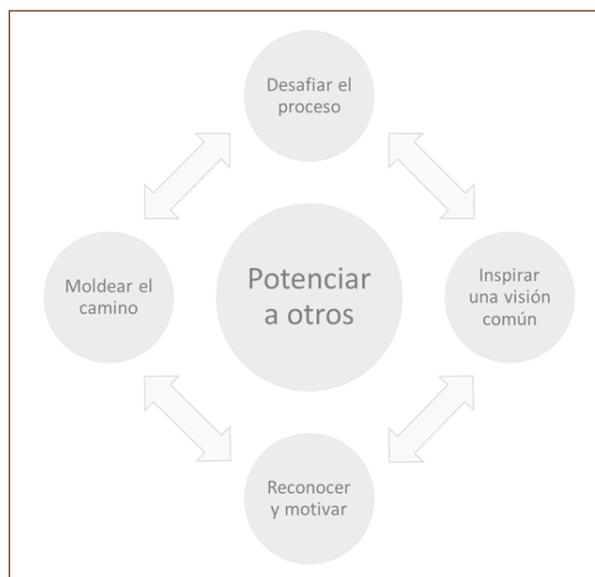
El camino por alcanzar una visión de futuro puede estar lleno de obstáculos. Frente a éstos, los trabajadores suelen perder la motivación de seguir esforzándose diariamente para alcanzar el fin propuesto; de ahí la importancia de la capacidad del líder para motivar e inspirar.

Para que el grupo siga teniendo esa fuerza necesaria para la búsqueda de objetivos, el líder tiene que verificar continuamente su nivel de motivación, transmitirles confianza en torno a sus capacidades para alcanzar el fin propuesto y reconocer las contribuciones individuales y grupales, celebrando con ellos el logro de las metas intermedias. La comunicación permanente con los integrantes del equipo le permitirá al líder reconocer los problemas o factores que pueden desmotivarlos

y, al mismo tiempo, buscar soluciones para impedir que incidan en su ánimo o en el rendimiento de su trabajo.

La realimentación positiva es un instrumento del líder para sostener la motivación del grupo. Este reconocimiento a los avances o pequeños logros es un alimento que permite continuar con la ardua tarea en busca del fin deseado.

Cuando se alcancen los objetivos, la recompensa por el buen desempeño o por el alcance de metas estimula a las personas que han cumplido y sirve de ejemplo motivador para los otros colaboradores.



4. Modelar el camino. El líder que pretenda conducir a su grupo hacia un escenario deseable o visión de futuro debe modelar el camino. Debe poner el ejemplo de cómo actuar para hacer posible la meta deseada, debe estar en permanente contacto con los integrantes del equipo y servir de modelo de cómo hacer lo que debe hacerse para lograr la misión de la empresa.

Para guiar efectivamente al grupo es necesario que cada integrante del equipo entienda con claridad el perfil de actuación que se espera de él, así como los efectos que tiene para el logro de la visión común.

La convicción sobre la bondad y utilidad de actuar de determinada manera para alcanzar objetivos grupales o de empresa, es lo que da congruencia al líder para modelar el camino de sus colaboradores. Es importante que el líder sirva de ejemplo y guía.

5. Potenciar a otros. Procurar el desarrollo personal y profesional del equipo, ya que de ello depende la posibilidad de alcanzar los propósitos y aceptar y superar nuevos retos.

Para potenciar a otros el líder debe superarse. Estas prácticas deben constituirse en un proceso permanente, porque el líder no incrementa sus habilidades y capacidades al ritmo que promueve el avance de su equipo, pronto se verá rebasado por ellos; inversamente, si el líder se desarrolla al margen de su equipo, éste no tendrá capacidad para seguirlo.

El líder pertenece a un equipo y, por lo mismo, el éxito del líder es el éxito del equipo. El líder debe conocer quiénes conforman su equipo, qué capacidades tienen, cuál es su experiencia (sus éxitos y fracasos), cuáles son sus deseos de superación y sus necesidades. Este conocimiento le permitirá orientar positivamente su energía.

Involucrar a los trabajadores en el proyecto que se persigue es hacerlos corresponsables de los resultados que se obtengan, y una forma efectiva de hacerlo es impulsar el trabajo en equipo.

El esfuerzo de los colaboradores al afrontar nuevos retos es una escuela permanente de superación y desarrollo personal y profesional. Fortalecer a otros es confiar en sus potencialidades. El líder debe saber delegar en su equipo responsabilidades que le permitan afrontar nuevos retos, para lo cual requiere compartir información y poder.

¿Quieres profundizar?

- Chávez Martínez, Gustavo. Desarrollo de habilidades directivas, Grupo Gasca-SICCO, México.





882.66.63

872-9873-72

74.663.62

09-982-73

882.66.63

872-9873-72

IMAGÍNESE LO QUE ESTÁ POR VENIR.

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

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

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

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



**SI ES NUEVO,
ESTÁ AQUÍ.**

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





TRA SENDA INGENIERÍA, S A DE CV

proyecto + construcción + supervisión



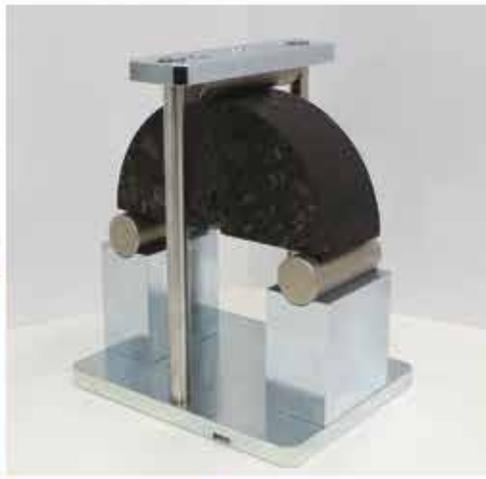
...en el camino

www.trasenda.com.mx

ingenieria@trasenda.com.mx

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

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



The researcher's choice for advanced asphalt testing equipment.

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



Exclusive Distributor

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

☎ (+52 55) 5532.0799, 5532.0722

✉ info@controls.com.mx

👤 Mr. Alessandro D'Amico

A Member of **CONTROLSGROUP**

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

SOLUCIONES ASFÁLTICAS

GLOBAL MARKETING CORPORATION

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

HELIX

COMBUSTIBLES
GLOBAL MARKETING CORPORATION

SOLUCIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL
COMBUSTIBLE ALTERNATIVO ECOLÓGICO

VISAL

PINTURAS QUE VIVEN MÁS
DE TRÁFICO Y COMERCIAL

SEALOFLEX

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO

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

HAZLO FÁCIL. HAZLO CON

DOCTOR BACH

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO
ESPECIAL PARA TRATAMIENTO DE BACHES

Petrien

RENTA DE EQUIPOS
PARA APLICACIONES ASFÁLTICAS



DISTRIBUIDOR AUTORIZADO POR
ErgonArmor
TECHNICAL COATING SOLUTIONS

RECUBRIMIENTOS EPÓXICOS
PROTECCIÓN TOTAL • 100% ECOLÓGICOS

GMC

GRUPO MULTISERVICIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

CAT 018007171800

www.gmarca.com