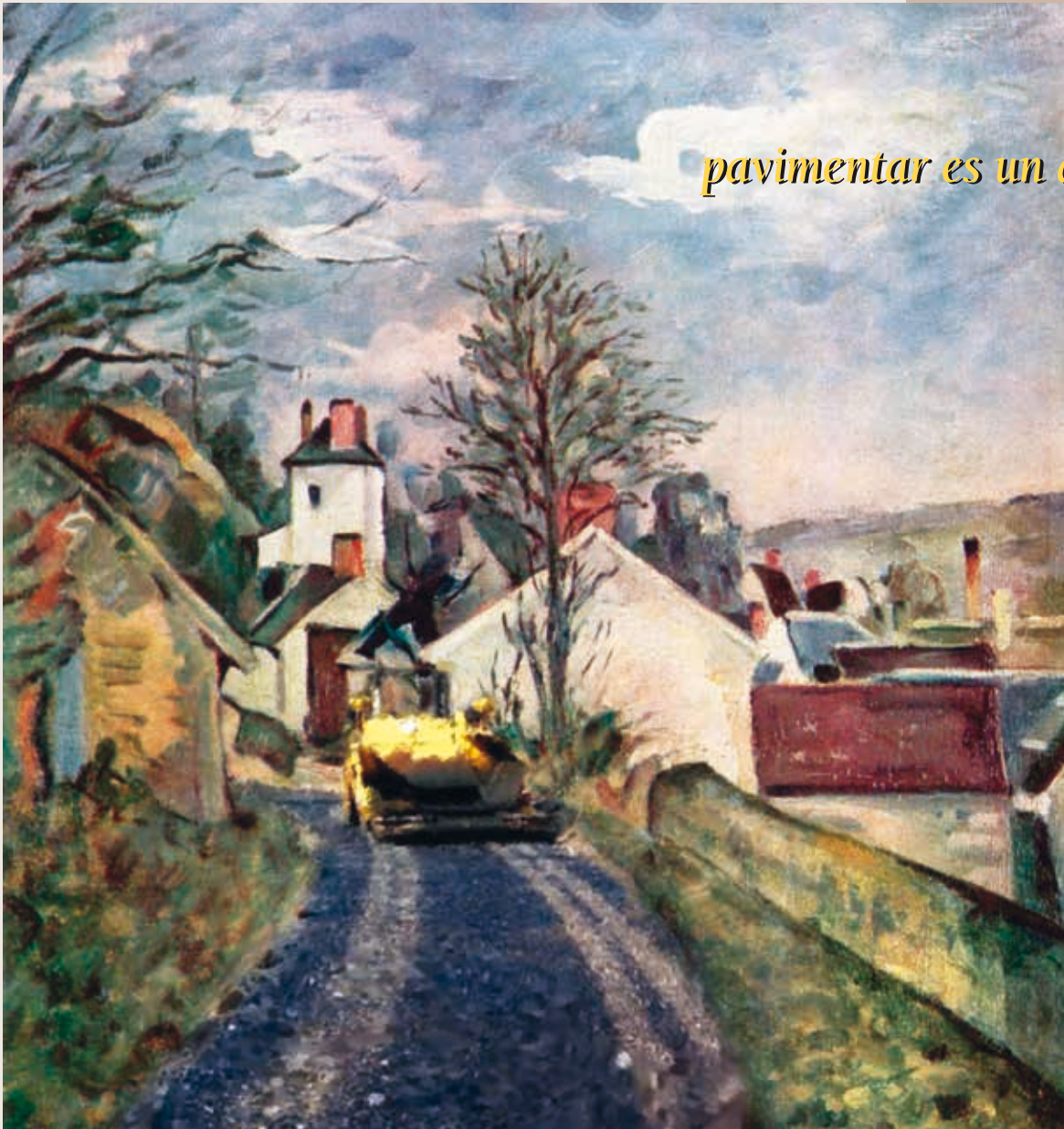


# ASFÁLTICA

REVISTA TÉCNICA



*pavimentar es un arte*

- ☞ **Relevancia de evaluar los parámetros de deformación elástica no recuperable...**
- ☞ **Influencia de un aditivo rejuvenecedor para mezclas con RAP sobre la temperatura de falla del asfalto de aporte**



“Trabajamos para que nuestros clientes puedan confiar en que siempre tendremos la disponibilidad de atender sus demandas.”

Marco Ramos  
Gerente de Planta  
Tula Hidalgo.



 **Ergon® Asfaltos  
México**

[ergonasfaltos.com](http://ergonasfaltos.com)

# VANGUARDIA TECNOLÓGICA. SERVICIO TÉCNICO DE ALTO NIVEL.



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



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



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

NUESTRAS MARCAS

**MATEST**  
**PAVETEST**



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

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

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

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

Mail. info@matech.mx

www.matech.mx | www.matest.com

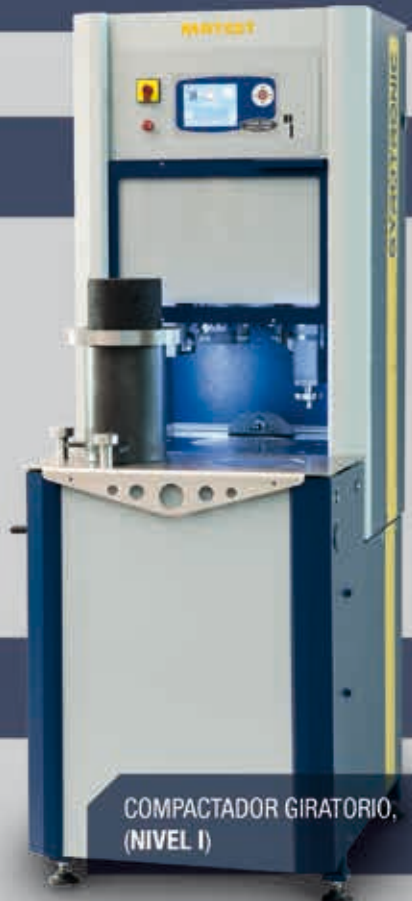
www.pavetest.com | www.instrotek.com



RUEDA DE HAMBURGO,  
(NIVEL II)



Hamburg Wheel  
Tracker in USA



COMPACTADOR GIRATORIO,  
(NIVEL I)

# Sumario

---

## Presidente

Raymundo Benítez López

## Vicepresidente de construcción

Luis Guillermo Limón Garduño

## Vicepresidente técnico

Francisco Javier Moreno Fierros

## Vicepresidente de distribución

Juan Adrián Ramírez Aldaco

## Secretario

Javier Gutiérrez Cisneros

## Tesorero

J. Jesús Martín del Campo Limón

## Vocales

Diana Berenice López Valdés

Gabriel Hernández Zamora

Horacio Delgado Alamilla

Jorge Alarcón Ibarra

Luis Eduardo Payns Borrego

Martín Serrano García

Rafael Martínez Castillo

## Comisión de honor

Roberto Garza Cabello

Ignacio Cremades Ibáñez

José Jorge López Urtusuástegui

## Comisión de vigilancia

Fernando Martín del Campo Aviña

Israel Sandoval Navarro

Hugo Bandala Vázquez

## Director General

Jorge E. Cárdenas García

dirgral@amaac.org.mx

www.amaac.org.mx

## Diseño y formación

Lizbeth de Lucio



Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

- 4** Relevancia de evaluar los parámetros de deformación elástica no recuperable (Jnr) y la recuperación elástica (%RE) en los cementos asfálticos que serán utilizados en la construcción de vialidades con pavimentos flexibles en el estado de Baja California
- 14** Influencia de un aditivo rejuvenecedor para mezclas con RAP sobre la temperatura de falla del asfalto de aporte
- 21** Iluminación óptima en obras nocturnas de pavimentación
- 26** Compactación de las mezclas asfálticas en caliente
- 33** Amor, paz y... asfalto
- 34** Garantía de calidad y normas técnicas europeas para la extracción y caracterización de ligantes bituminosos en mezcladoras asfálticas
- 42** Información financiera: perspicacia, descuido y más altos ingresos

# Editorial

---

Esta es mi última editorial como representante del Décimo Consejo Directivo de nuestra asociación, por tal motivo me gustaría utilizar estas líneas para agradecer a todos el apoyo y participación que mostraron para con la asociación en este difícil periodo en que nos tocó estar al frente. El país parece estar en calma y las cosas van avanzando, finalmente se llegó a un acuerdo con Estados Unidos de Norte América y con algunos ajustes y cambios seguiremos teniendo tratado comercial con nuestro vecino del norte, esperando que la situación económica de México tanto interna como externa mejore cada vez más y nos permita encontrar cada vez mayores y mejores oportunidades en nuestra área para continuar con nuestra labor de impulso al buen uso de los asfaltos en todas y cada una de sus formas de uso.

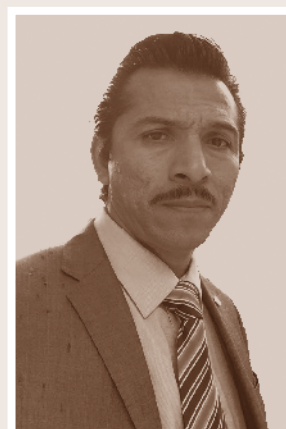
Agradezco de manera muy particular a las instituciones que proactivamente siguen colaborando con la asociación con toda la intención de que se vea cada vez más la profesionalización en los diferentes eslabones que implica una construcción y conservación de los pavimentos flexibles y los invito a mantener las sesiones y reuniones de trabajo que hasta hoy se están realizando. A todas las organizaciones e instituciones que a nivel internacional mantienen el lazo de comunicación y colaboración con AMAAC haciendo que cada vez estemos más cerca un país del otro en relación a la tecnología y las técnicas en asfalto.

Un especial agradecimiento al IMT y a la plantilla de trabajadores de AMAAC por su ardua labor para con la asociación.

Una invitación a todos para seguir participando con la asociación, a seguir promoviendo el mejor uso de los asfaltos y a estar unidos como gremio, de esta unidad dependerá mucho el futuro y el progreso de nuestra asociación.

Muchas gracias.

**Raymundo Benítez López**  
*Presidente*  
*Décimo Consejo Directivo*



Granja en Auvers,  
la casa del doctor Gachet

*Paul Cézanne (1839-1902)*

Aprendiz de Camille Pissarro desde mediados de 1860, dicha relación los llevaría a viajar juntos y realizar diversas colaboraciones a lo largo de toda una década, cuando Pissarro ya no lo consideraba un estudiante sino su igual.

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

# Relevancia de evaluar los parámetros de deformación elástica no recuperable ( $J_{nr}$ ) y la recuperación elástica (%RE) en los cementos asfálticos que serán utilizados en la construcción de vialidades con pavimentos flexibles en el estado de Baja California

---

José Ricardo Cota Ramírez  
Alejandro Mungaray Moctezuma  
Jorge Alarcón Ibarra  
civil\_fm@uabc.edu.mx

## Introducción

Uno de los principales problemas en las vialidades del país son las deformaciones que se presentan en la superficie de rodamiento en pavimentos asfálticos (rode-ras), estas deformaciones obedecen al comportamiento visco elástico del ligante asfáltico.

Durante los últimos años, en un intento por mitigar estas deformaciones, la Secretaria de Comunicaciones y Transporte ha adoptado el parámetro de clasificación de asfaltos por grado PG (*Performance Grade*) desarrollado en Estados Unidos por la *Federal Highway Administration* (FHWA) bajo el programa *Strategic Highway Research Program* (SHRP). El cual consiste en establecer, mediante una serie de pruebas, un rango de temperatura alta y baja, en el cual el cemento asfáltico deberá mantener sus propiedades visco-elásto-plásticas; por ejemplo, un asfalto PG 64-22 tendrá un rango de temperatura que va de los -22 °C a los 64 °C.

En la etapa de diseño, el grado de desempeño del asfalto es calculado en base a un algoritmo desarrollado por SHRP en el cual, el grado de desempeño se obtiene en base a condiciones climatológicas (temperatura), una vez obtenido el grado PG por temperatura, este se ajusta con base en la intensidad del tránsito, velocidad de circulación y zonas de tránsito detenido (zonas de frenado). Estos ajustes se realizan haciendo saltos en el grado alto de un determinado PG y estos saltos de grado pueden llegar a ser de hasta 2 grados de desempeño, esto es; un cemento asfáltico con grado PG 70-22, puede llegar a ser un PG 82-22, ya que los incrementos se realizan a razón de 6 °C.

En el mes de Octubre del año 2016 en el estado de Baja California se publicó la versión más actualizada de las Normas técnicas de proyecto y construcción para obras de vialidades en el estado, en la cuales sobresale el ajuste por intensidad de tránsito de acuerdo a la especificación MSCR (*Multi Stress Creep Recovery*) en la cual la intensidad del tránsito se ajusta de acuerdo a los parámetros de deformación elástica no recuperable ( $J_{nr}$ ) y al porcentaje de recuperación elástica

(%RE) obtenidos mediante un ensayo MSCR sin la necesidad de realizar saltos en el grado de desempeño.

Este documento tiene la firme intención de dar soporte a las actualizaciones, en materia de cementos asfálticos, que se han realizado en la normativa estatal con la perspectiva de establecer nuevos parámetros de calidad en los cementos asfálticos que impliquen una mejor correlación con su potencial a la deformación permanente.

## Ensayo de creep repetido multi-esfuerzo (MSCR)

El ensayo de creep repetido multi-esfuerzo es una prueba que utiliza el concepto de deformación (fluencia) y recuperación para evaluar la susceptibilidad a la deformación permanente en cementos asfálticos. Para la realización de esta prueba se utiliza un reómetro de corte dinámico (DSR) y el horno giratorio de película delgada (RTFO) ya que el ensaye se realiza en una muestra de asfalto envejecida mediante RTFO. Estos equipos son utilizados para la clasificación del grado PG en cementos asfálticos por lo cual no generan costos adicionales en su ejecución. La prueba consiste en aplicar una carga de deformación sobre la muestra asfáltica envejecida con una duración de un segundo. Pasado el segundo, la carga es retirada y se permite un estado de relajación durante 9 segundos en el cual se mide la recuperación elástica de la muestra.

En una fase inicial el ciclo de carga y descarga se realiza en 10 repeticiones (10 ciclos) con un esfuerzo pequeño de 0,1 kPa, pasados los 10 ciclos se incrementa el esfuerzo a 3,2 kPa y se adicionan otros 10 ciclos de carga y descarga, esto asegura la evaluación del comportamiento elástico del ligante asfáltico, independientemente del esfuerzo aplicado y nos permite obtener información sobre la fuerza de unión de la cadena polimérica.

Tres importantes parámetros son obtenidos de un ensayo MSCR:

1. El parámetro de deformación elástica no recuperable ( $J_{nr}$ )
2. El % de recuperación elástica (%RE)
3. Relación  $J_{nr}$  vs %RE

Estos parámetros son utilizados para el análisis de las propiedades del ligante asfáltico a altas tem-

peraturas. El ensayo MSCR provee la calidad del polímero sin la necesidad de realizar ensayos extras en muestras alternas, como sería el de recuperación elástica por torsión; que la única información que arroja es si existe la presencia del polímero más no la calidad del mismo. El parámetro  $J_{nr}$  nos proporciona la resistencia a la rodadura y el por ciento de recuperación de este ensayo nos indica la presencia e incluso la calidad del polímero.

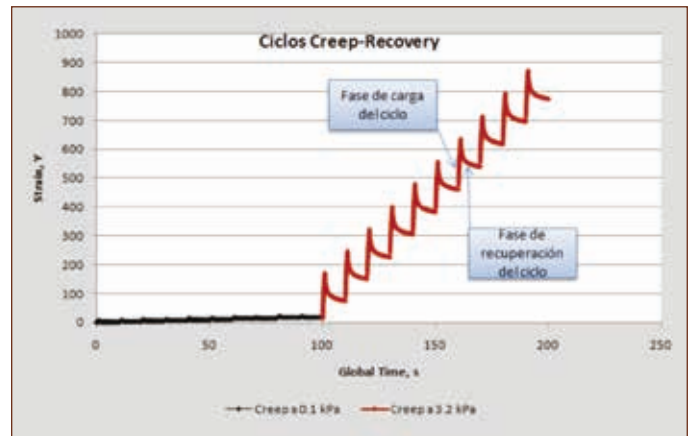


Figura 1. Ciclos creep-recuperación elástica para esfuerzos de 0,1 kPa y 3,2 kPa.

## Parámetro de deformación elástica no recuperable ( $J_{nr}$ )

Este parámetro, es una medida de la deformación residual cedida por la muestra de cemento asfáltico después de un determinado número de ciclos repetidos de creep-recuperación elástica, y además es relativo al esfuerzo aplicado.

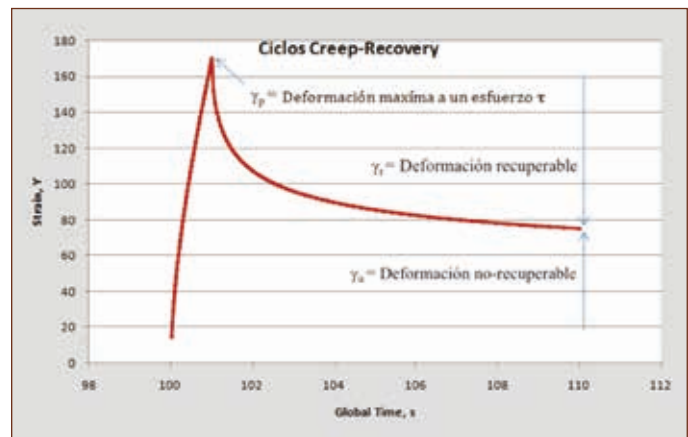


Figura 2. Esquema del parámetro  $J_{nr}$  mediante ensayo MSCR.



[www.amaac.org.mx](http://www.amaac.org.mx)

# Premio AMAAC Jorge A. Cabezut Boo

La Asociación Mexicana del Asfalto, A.C., instituye el **Premio AMAAC Jorge A. Cabezut Boo** como reconocimiento a su trayectoria, quien ha aportado experiencia, esfuerzo y beneficio a la construcción mexicana, así como para reconocer a las nuevas generaciones de ingenieros y técnicos que contribuyen y contribuirán al desarrollo del país.

En este certamen el premio será al mejor trabajo de investigación y desarrollo tecnológico.

## CONVOCATORIA

La Asociación Mexicana del Asfalto convoca a todos los técnicos interesados relacionados con los asfaltos a participar en el **Premio AMAAC Jorge A. Cabezut Boo** a la investigación y desarrollo tecnológico 2019.

## BASES

Podrán participar todos los interesados relacionados con los asfaltos en el país con artículos técnicos que enriquezcan el desarrollo tecnológico de los asfaltos.

El tema del trabajo es abierto, siempre y cuando esté enfocado a los asfaltos y cuyo desarrollo sea relevante para la tecnología de la industria.

Los documentos que se presentan podrán haber sido publicados en revistas, congresos y seminarios, siempre y cuando hayan sido elaborados entre enero de 2017 y abril de 2019. AMAAC asignará un jurado con profesionales de la especialidad, los cuales tienen actividades en la industria del asfalto.

En su decisión, el Jurado tomará en cuenta la calidad y cantidad de la producción científica y tecnológica de los artículos y el impacto de la investigación en la práctica profesional.

El jurado elegirá el artículo ganador por decisión unánime.

Los concursantes deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- ❑ Solicitud de inscripción.
- ❑ Currículum Vitae.
- ❑ Resumen del artículo a participar.
- ❑ Dos ejemplares (impreso y en formato electrónico) del artículo completo.

Estos documentos deberán ser entregados en la oficina de AMAAC ubicada en Camino a Santa Teresa 187, Col. Parque del Pedregal, Tlalpan 14010, Ciudad de México, a partir de la fecha de publicación de esta convocatoria y hasta el viernes 26 de abril de 2019.

AMAAC se reserva el derecho de conservar los trabajos recibidos.

## PREMIO

Se otorgará el siguiente premio al primer lugar:

- ❑ Diploma
- ❑ Asistencia en el Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto a celebrarse en Guadalajara, Jalisco, en 2019 (Transportación, hospedaje e inscripción al evento-cinco días).

En junio de 2019, se notificará al ganador.

**Atentamente,  
Décimo Consejo Directivo**



**Jorge Adolfo Cabezut Boo**  
1925 - 2006

A través del tiempo, en las civilizaciones de todos los países nace, cada cierto tiempo, un hombre que sobresale del común denominador, como lo hace la montaña más alta de una cordillera, grande entre los grandes.

Egresado de una generación de nobles ingenieros de la "UNAM" y especializado en el extranjero en el Michigan College of Mining Technology y el Instituto de Desarrollo Económico y Evaluación de Proyectos de Banco Mundial, en Washington, D.C., destacó por su inteligencia y responsabilidad.

Fue uno de los líderes que condujo con certidumbre el ánimo emprendedor de la gente que sabía dónde hallar conocimiento y apoyo cuando se necesitara, de tal manera que no es de extrañarse que su participación en el área de la construcción en nuestro país, se extendiera más allá de los cincuenta años de ejercicio.

A lo largo de su productiva vida ocupó puestos importantes trabajando en empresas privadas y en el sector público en la Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Comisión Federal de Electricidad. En ellas participó en la construcción de puentes y mantenimiento de carreteras en Veracruz, la construcción de diversos túneles, Planta Hidroeléctrica de Tingambato, la construcción del Magno Proyecto de Chicoasén, las presas: Francisco Villa, en Durango; Presa Guadalupe, en el Edo. de México; El Granero, en Chihuahua y varias más. En los últimos años estuvo cooperando en los proyectos de El Cajón y La Parota para la CFE.

También es destacable su actividad en sociedades técnicas impulsando el desarrollo profesional a través de conferencias, exposiciones o cursos que son su inconfundible carta de presentación. Como es natural, AMAAC donde fue socio fundador y presidente del Primer Consejo Directivo, no es la única experiencia gremial, sino que la Federación Estudiantil Universitaria, la Sociedad de Ex alumnos de la Facultad de Ingeniería, el Colegio de Ingenieros Civiles de México y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción son sólo algunas de las agrupaciones que conocen su importante trayectoria.

Indudablemente, un mexicano con estos antecedentes es un ejemplo para las generaciones jóvenes de ingenieros, debido a que desde hace 35 años fue catedrático en la División de Estudios Superiores y en la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería; trabajo que, muy merecidamente, le reconoció la Universidad Nacional Autónoma de México.

Esto demuestra la gran capacidad de trabajo y compromiso que tuvo un hombre que decidió triunfar entre millares de dificultades levantando puentes sobre los precipicios que lo separaban de sus metas, construyendo diques para contener los embates de la vida, levantando edificios tan altos como el orgullo mismo, desafiando la fuerza de gravedad de la mediocridad.

Es por eso que cada cierto tiempo nace el hombre que busca el éxito, rompe esquemas; el hombre que tiene la inteligencia, los conocimientos y la experiencia que por sí mismos merecen un reconocimiento extraordinario; su nombre Jorge Adolfo Cabezut Boo.



Para su determinación, se requiere calcular el valor  $J_{nr}$  para cada uno de los ciclos según el nivel de esfuerzo aplicado utilizando la siguiente ecuación:

$$J_{nr} = \frac{\gamma_u}{\tau}$$

Considerando que el ensayo MSCR es realizado con 2 niveles de esfuerzo diferentes, se reporta la diferencia en % con la siguiente ecuación:

$$J_{nr,dif} = \frac{J_{nr,3.2 \text{ kPa}} - J_{nr,0.1 \text{ kPa}}}{J_{nr,3.2 \text{ kPa}}} * 100$$

“Diferencias grandes de “ $J_{nr}$ ” entre los esfuerzos de creep de 0,1 y 3,2 kPa, indica facilidad para acumular deformaciones.” (Navarro 2013).

### **% de recuperación elástica (%RE)**

El %RE es una medida de la proporción en que la muestra vuelve a su aspecto inicial después de haber sido tensado y destensado en repetidas ocasiones y se calcula en base a los promedios de recuperación elástica a los esfuerzos de creep aplicados para cada uno de los ciclos con la siguiente ecuación:

$$\%RE = \frac{\gamma_r}{\gamma_p} * 100 = \frac{\gamma_{final} - \gamma_{inicial}}{\gamma_p} * 100$$

Al igual que el parámetro  $J_{nr}$ , se reporta la diferencia de RE en % de la siguiente manera:

$$\%RE_{dif} = \%RE_{0,1 \text{ kPa}} - \%RE_{3,2 \text{ kPa}}$$

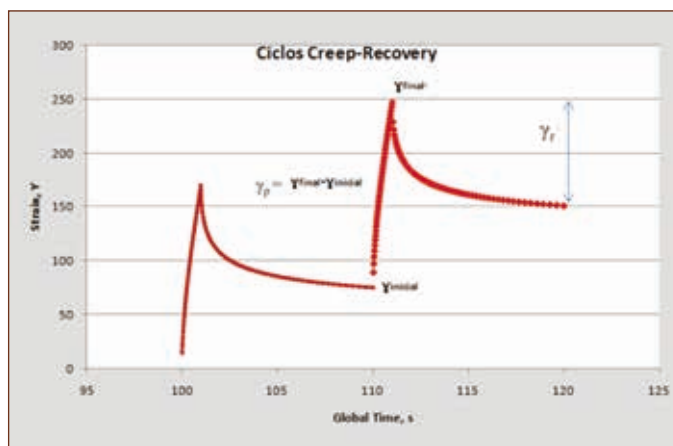


Figura 3. Esquema del parámetro %RE mediante ensayo MSCR.

Como se puede observar en la Figura 3, la fase de carga no inicia en cero para las deformaciones  $\gamma$  de los ciclos subsiguientes a la inicial, debido a la deformación  $\gamma_u$ , por lo tanto, la deformación  $\gamma_p$  se determina con la diferencia de los valores de deformación obtenidos al inicio y al final de la fase de carga  $\tau$ .

### Relación Jnr vs. %RE

Es bien sabido que el parámetro Jnr provee una buena correlación con las roderas por alta temperatura en cementos asfálticos modificados con polímeros y en cementos asfálticos sin modificar (asfaltos convencionales). Como se puede observar en la Figura 4, la relación entre el valor Jnr y el %RE puede identificar y cuantificar el desempeño de un polímero en el asfalto, razón por lo cual, la AASTHO TP-350 recomienda un valor mínimo en el %RE, basado en la relación Jnr vs. %RE.

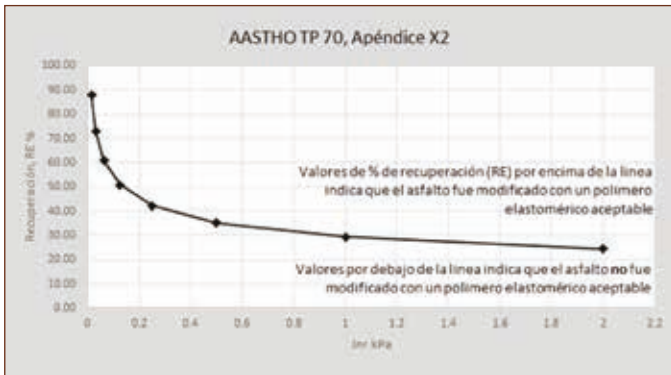
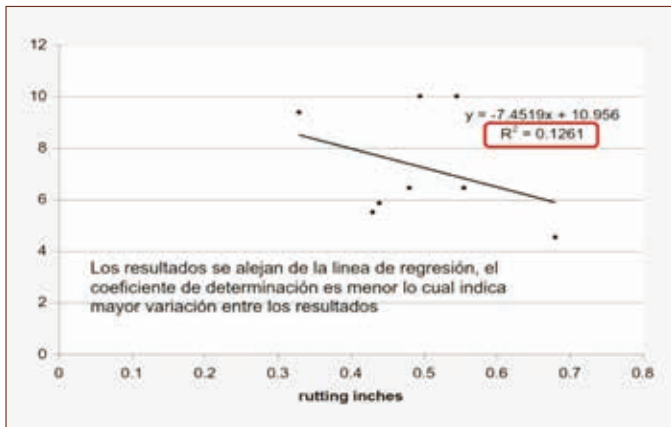


Figura 4. Valoración del asfalto en base al %RE mínimo para un Jnr obtenido mediante ensayo MSCR.

Entre las pruebas realizadas existían muestra con ligantes asfálticos modificados y sin modificar, las secciones fueron calentadas a 64 °C y después se hizo transitar una llanta de eje sencillo con una carga de 10,000 lbs sobre la sección midiendo la de-



Es importante observar que la curva se detiene en  $Jnr = 2$  kPa, esto se debe a que en valores mayores a 2 kPa no se requiere tener un valor mínimo de % RE (Anderson 2010).

### Relación de desempeño en base a los parámetros Jnr y $G^*/(\text{sen } \delta)$

El parámetro Jnr ha sido ampliamente evaluado por la FHWA en el equipo de carga acelerada ALF (Accelerated Load Facility) por medio del cual se obtuvo una mejor relación de desempeño en la prueba MSCR sobre el criterio superpave  $G^*/\text{sen } \delta$ .



Figura 5. Equipo ALF en Virginia, USA.

formación a la rodera y comparando estas con los parámetros  $G^*/\text{sen } \delta$  y Jnr. Ver Figura 6.

El estudio ALF realizado por la FHWA mostró que el parámetro  $G^*/\text{sen } \delta$  manejado por Superpave no tiene una buena correlación con la deformación por

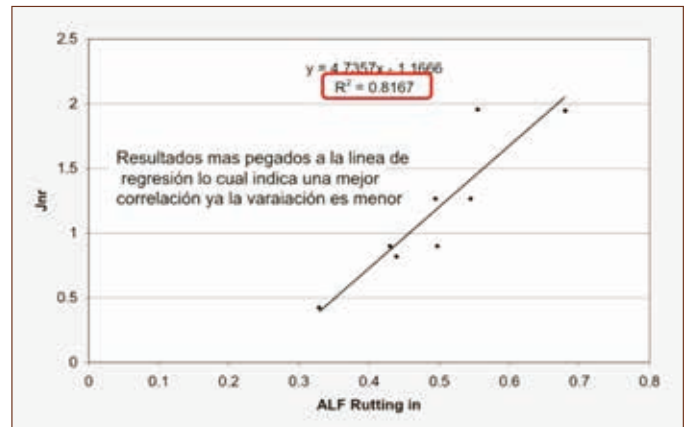


Figura 6. Resultados de varios ligantes evaluados con ALF comparados con  $G^*/\text{sen } \delta$  y Jnr.

# MADISA<sup>®</sup>

# CAT<sup>®</sup>

# CONSTRUYENDO JUNTOS A TRAVÉS DE LA HISTORIA

## NUEVA GENERACIÓN DE PERFILADORAS

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



CORTE DE PRECISIÓN

CONTÁCTANOS

**01 800 26 30146**

[www.madisa.com](http://www.madisa.com)



rodera, mas no así para el parámetro Jnr obtenido mediante el ensayo MSCR que muestra una mejor correlación con dicha deformación.

## Relevancia de la especificación MSCR para el estado de Baja California

Una de las principales diferencias entre la clasificación MSCR propuesta en las Normas Técnicas de Proyecto y Construcción para Obras de Vialidades en el estado de Baja California y la clasificación por grado PG adoptada por la SCT en la norma N-CMT-4-05-004/08 es el ajuste del grado de desempeño (PG) por intensidad de tránsito. En la clasificación por grado PG de SCT la temperatura más alta puede incrementarse hasta en 2 grados de desempeño (12 °C), esto es, si un grado de desempeño 70-22 calculado en base al clima y a un nivel de tránsito elevado requiere un ajuste en la temperatura alta de 2 grados de desempeño pasaría a ser un PG 82-22, las pruebas en el asfalto se estarían realizando a 82 °C para un clima de 70 °C y en realidad es muy poco probable que la temperatura en la superficie del pavimento llegue a estas temperaturas. Algo que no sucedería con una clasificación MSCR.

La capital del estado de Baja California, Mexicali, cuenta con uno de los climas más cálidos de la región. En cierta época del año, que por lo regular va del mes de junio al mes de septiembre, se han registrado temperaturas que han alcanzado los 50 °C y esto, desde luego, se ha visto reflejado en las deformaciones presentadas en la mayoría de las vialidades. Por tal razón se ha realizado el cálculo del grado de desempeño (PG) en base a su clima utilizando la metodología propuesta por el programa de investigación estratégica en caminos de los Estados Unidos (SHRP) en su programa LTPP (*Long Term Performance of Pavements*). Para este ejercicio se recogieron datos de 12 estaciones climatológicas situadas dentro de los linderos de la ciudad y su valle, calculando el grado PG con una confiabilidad del 98%. A continuación, se muestran los algoritmos LTPP utilizados así como los resultados obtenidos:

- Algoritmo para temperatura alta

$$T(pav) = 54,32 + 0,78 T(air) - 0,0025 Lat^2 - 15,14 \log_{10}(H + 25) + z(9 + 0,61 \sigma_{air}^2)^{1/2}$$

Dónde:

$T(pav)$  = Temperatura alta por debajo de la superficie del pavimento, °C

$T(air)$  = Promedio de la temperatura de los 7 días con temperatura más alta en un año, °C

$Lat$  = Latitud de la región, grados

$H$  = Profundidad a la superficie, mm

$\sigma_{air}$  = Desviación estándar del promedio de los 7 días con temperatura más alta, °C

$z$  = Proviene de la tabla de distribución normal y para el 98% de confiabilidad es igual a 2,055



- Algoritmo para temperatura baja

$$T(pav) = 1,56 + 0,72 T(air) - 0,004 Lat^2 + 6,26 \log_{10}(H + 25) - z(4,4 + 0,52 \sigma_{air}^2)^{1/2}$$

Dónde:

$T(pav)$  = Temperatura baja por debajo de la superficie del pavimento, °C

$T(air)$  = Promedio de la temperatura de los 7 días con temperatura más baja en un año, °C

$Lat$  = Latitud de la región, grados

$H$  = Profundidad a la superficie, mm

$\sigma_{air}$  = Desviación estándar del promedio de los 7 días con temperatura más alta, °C

$z$  = Proviene de la tabla de distribución normal y para el 98% de confiabilidad es igual a 2,055

Municipio de Mexicali									
Estación	Nombre	Latitud	$T_{air}$ (°C)		$T_{pav}$ (°C)		$\delta$ air Alta	$\delta$ air baja	PG
			Alta	Baja	Alta	Baja			
2033	Mexicali (Dge)	32,6633	43,2	-2,0	67	-2	1,434	2,323	70-10
2034	Mexicali (Smn)	32,5500	45,8	-2,5	69	-2	1,912	1,768	70-10
2134	Ejido Cuernavaca	32,5617	45,0	-2,0	68	-1	2,646	1,515	70-10
2141	Compuerta Benassini	32,5703	41,0	-7,0	65	-5	2,340	1,515	70-10
2163	Ejido Nuevo León (Obs)	32,4128	46,9	-5,0	70	-3	1,161	0,444	70-10
2139	Colonia Rodríguez	32,4186	43,1	-3,0	67	-2	2,610	2,192	70-10
2011	Delta	32,3531	44,3	-2,0	68	-2	1,254	2,222	70-10
2145	Rancho Williams	32,6244	47,4	-5,0	70	-4	0,976	1,111	70-10
2037	Presa Morelos	32,7153	45,6	-4,0	69	-3	1,397	2,424	70-10
2007	Cerro Prieto (Cfe)	32,4381	47,1	-2,5	70	-2	1,539	0,071	70-10
2009	Colonia Juárez	32,2986	45,7	-4,0	69	-3	2,498	1,717	70-10
2046	San Felipe	31,0275	44,1	0,0	68	1	3,436	0,616	70-10
2093	Ejido Valle de la Trinidad	32,3561	40,6	-11,0	65	-9	2,225	3,738	70-10
2097	Laguna Salada	32,2239	44,3	-8,0	68	-6	2,690	1,515	70-10
2101	El Centinela	32,5753	48,7	-2,0	71	-2	0,756	2,727	70-10
2102	La Ventana	31,4397	43,4	-3,0	67	-2	2,225	1,414	70-10
2142	Ejido Guadalajara	32,5478	44,4	-2,0	68	-2	0,976	1,818	70-10
2148	San Felipe (Obs)	31,0292	40,1	-1,2	65	-1	3,803	1,889	70-10
2154	Colon la Zacatecas	32,0603	45,0	-5,0	68	-4	3,000	2,828	70-10

Figura 7. Grado PG obtenidos para diferentes estaciones climática.

Según los resultados mostrados en la Figura 7 el grado de desempeño, obtenido por condiciones de temperatura, que predomina para este municipio es un PG 70-10. De acuerdo a la Norma SCT N-CMT-4-05-004/08 este grado base deberá ser ajustado según la intensidad de tránsito y la velocidad de proyecto, esto es, si contamos con una intensidad de tránsito donde la  $L > 10^7$  y además sea una zona

de baja velocidad (20 km/hr), el ajuste del grado de desempeño (según la Figura 8) sería PG 88-10, esto indicaría que se estarían realizando los ensayos en el ligante asfáltico a una temperatura de 88 °C para una temperatura calculada de 70 °C.

Cuando se utilizan asfaltos modificados con polímero, se puede obtener resultados engañosos ya que muchos sistemas poliméricos suelen ablandarse rápidamente a temperaturas altas. Con la clasificación MSCR las temperaturas de prueba son realizadas a las altas temperaturas ambientales a las cuales se espera llegue el pavimento. Si el grado por temperatura es PG 70, las pruebas se desarrollarán a la temperatura de 70 °C evitando brincos innecesarios en el grado PG obtenido por condiciones de temperatura (FHWA, 2011).

Intensidad del tránsito ( $EL_{10}$ ) <sup>[1]</sup>	Grado PG seleccionado por clima	Ajuste por intensidad del tránsito	Ajuste por velocidad lenta (Entre 10 y 30 km/h)	Ajuste por tránsito detenido (Cruceros)
$EL_{10} < 10^6$	PG 64	PG 64	PG 70	PG 76
	PG 70	PG 70	PG 76	PG 82
	PG 76	PG 76	PG 82	PG 88
$10^6 EL_{10} < 10^7$	PG 64	PG 70	PG 76	PG 82
	PG 70	PG 76	PG 82	PG 88
	PG 76	PG 82	PG 88	PG 88
$EL_{10} > 10^7$	PG 64	PG 76	PG 82	PG 88
	PG 70	PG 82	PG 88	PG 88
	PG 76	PG 88	PG 88	PG 88

<sup>[1]</sup>  $EL_{10}$  = Número de ejes equivalentes de 8,2 t (ESAL), esperado durante un periodo de servicio del pavimento de 10 años.

Figura 8. Ajuste del grado PG seleccionado por clima.

A continuación se muestra (Figura 9) la especificación MSCR propuesta en las Normas Técnicas de Proyecto y Construcción para Obras de Vialidades en el estado de Baja California en donde se puede observar que los niveles de tránsito son los que caracterizan el grado MSCR según los valores  $J_{nr,3.2 kPa}$  y  $RE_{3.2 kPa}$  obtenidos mediante el ensaye MSCR. Esto es, para el caso evaluado en este documento, el grado PG 70-10 será revisado mediante el ensaye MSCR a una temperatura de 70 °C y los resultados obtenidos serán evaluados en base al tránsito de proyecto, por lo cual para este caso en específico debería corresponder a un grado MSCR V (tránsito muy pesado) indicando una clasificación MSCR de PG 70V-10. Cabe mencionar que este mismo asfalto pudiera ser clasificado como PG 70E-10 según los resultados en los parámetros  $J_{nr,3.2 kPa}$  y  $RE_{3.2 kPa}$ , lo cual indicaría que el asfalto puede ser utilizado para niveles de tránsito más elevados, sin la necesidad de elevar el grado de desempeño.

Temperatura	Intensidad de tráfico (ejes equivalentes)	Grado	"J <sub>nr, 3200</sub> "	RE <sub>3200</sub> (%)
Seleccionada de acuerdo al mapa de regiones geográficas (zonas por clima)	> 3 millones	No cumple	>4	
	>3<10 millones	Estándar (S)	2 a 4	≥0
	>10<30 millones	Pesado (H)	1 a 2	≥25
	>30 millones	Muy pesado (V)	0.5 a 1	≥30
		Extremo (E)	≥0.5	≥40

Figura 9. Ajustes de la variable del tráfico (ejes equivalentes) por deformación no recuperable "J<sub>nr</sub>" para grado PG seleccionado por clima.

## Conclusión

Durante los últimos años los métodos para evaluar la calidad de los asfaltos se han ido modificando y en cierta manera, esto se ha manifestado en el impulso a la innovación tecnológica en los países más desarrollados. En México nos hemos venido adaptando a estas tecnologías, con la firme finalidad de fomentar el fortalecimiento de la infraestructura vial y en este sentido la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del estado de Baja California (SIDUE) se ha dado a la tarea de revisar y actualizar la normativa estatal en materia de construcción de pavimentos.

Como se ha podido observar en este documento son tres los parámetros obtenidos mediante el ensayo MSCR:

1. El parámetro J<sub>nr</sub>, el cual tiene una mejor correlación con la deformación por rodadura comparado con el parámetro G\*/sen δ obtenido mediante un ensayo de módulo reológico de corte directo que pudiera ser realizado bajo el procedimiento M-MMP-4-05-025/02 de la SCT. Esto se debe a que el parámetro G\*/sen δ es determinado en la región lineal visco elástica y la deformación por rodadura es una falla no lineal.
2. El parámetro RE, los asfaltos modificados con polímeros son sensibles al nivel de esfuerzo al

que se someten ya que las cadenas poliméricas se pueden reordenar debido a un incremento de esfuerzo, debido a esto la recuperación elástica en un asfalto modificado debe ser determinada a diferentes niveles de esfuerzo (0,1 kPa y 3,2 kPa en ensayo MSCR).

3. Relación RE vs. J<sub>nr</sub>, los ensayos hasta ahora manejados por la SCT (recuperación elástica por torsión) detectan únicamente la presencia de un polímero en el asfalto despreciando la calidad del mismo, a lo cual, el ensayo MSCR proporciona una valoración de la calidad del polímero en base a la relación existente entre la recuperación elástica y la deformación no recuperada con un nivel de esfuerzo de 3,2 kPa para ambos parámetros.

Otras de las ventajas de clasificar los asfaltos bajo un sistema MSCR es que no requiere saltos de grado PG por ajustes de tránsito y velocidad, permitiendo que la revisión de las propiedades en los asfaltos sea medida en base a las condiciones de servicio reales de temperatura, además de evitar la utilización cuantiosa de polímeros en los asfaltos que impliquen altos costos en producción y procesos constructivos ineficientes debido a una dureza innecesaria del asfalto.



# Influencia de un aditivo rejuvenecedor para mezclas con RAP sobre la temperatura de falla del asfalto de aporte

Victor Márquez  
Universidad Veracruzana  
Rey Omar Adame Hernández  
Israel Sandoval Navarro  
Lasfalto S. de R. L.  
omar.adame@lasfalto.com.mx

## Introducción

Una vez que los pavimentos asfálticos han alcanzado su vida útil para la cual fueron diseñados, los materiales que constituyen dicho pavimento o mezcla asfáltica conservan un valor considerable, desde que el material de RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), comenzó a ser usado a principios de la década de los setenta, y tuvo su auge y uso extensivo durante esa década, el cual era usado como componente de los nuevos pavimentos debido al ahorro de costos que ofrecía y que adicionalmente representaba un método de reciclaje ambientalmente positivo. Además, otro aspecto importante, los diseños presentaban desempeños similares a los que habían sido fabricados y diseñados con materiales vírgenes. Después el programa SHRP (*Strategic Highway Research Program*), dentro de sus programas de investigación importantes estuvo el método de Superpave para el diseño de mezclas asfálticas en caliente (MAC), pero esta tenía una limitante, no contemplaba el uso de RAP en su metodología de diseño de la mezcla y desde entonces esto ha limitado el uso de RAP para los países que han adoptado esta metodología, tal es el caso de México.

Posteriormente el grupo de expertos de Superpave de la FHWA (*Federal Highway Administration*), con el objetivo de remediar las limitaciones presentadas por la metodología de diseño de mezclas utilizó la experiencia recabada años atrás para desarrollar algunos manuales que incluyeran el uso del RAP. Estos manuales ya reflejaban el efecto del asfalto envejecido del RAP en las propiedades del asfalto virgen, y este efecto depende del nivel y/o porcentaje de RAP usado en la mezcla. Cuando el nivel es bajo el efecto es mínimo y el RAP puede tomarse como una roca negra, es decir como un componente más en la granulometría y parte del porcentaje de agregado, la cual influye en las propiedades volumétricas y el desempeño de la mezcla a través de su distribución granulométrica y propiedades del agregado. Mientras que, porcentajes altos de RAP en la mezcla, la analogía de la roca negra deja de ser efectiva, para este caso el asfalto envejecido se mezcla con el material virgen en cantidad suficiente como para hacer significativo su presencia y así afectar el desempeño de la mezcla. Cuando se agrega cantidad de RAP superiores al 20%, es recomendable extraer el asfalto del RAP para su análisis, hacer combinaciones del asfalto junto a un rejuvenecedor para determinar la cantidad de aditivo y el grado PG (*Performance Grade*) con el cual se desempeñará en la mezcla. En la actualidad muchos de los proyectos con RAP incluyen altos porcentajes de uso de RAP, en los que se deben utilizar rejuvene-



cedores que devuelvan al asfalto la capacidades y propiedades originales, sin perder de vista porcentajes por encima del 45% de RAP, porcentajes en los que se debe poner especial atención y garantizar la recuperación de las características físicas del asfalto como: flexibilidad, adhesividad, capacidad de cohesión y propiedades que ayudan a retardar la aparición de las fallas en los pavimentos flexibles.

### Uso de un aditivo rejuvenecedor en un asfalto Ekbé

Todos los materiales asfálticos usados en la construcción de carreteras cambian sus propiedades con respecto al tiempo debido a que se ven afectados por factores como los rayos UV, el calor, cargas del tránsito, derrame de líquidos, entre otros, factores que envejecen directamente al asfalto, por lo que la durabilidad del asfalto se define como su capacidad de mantener las propiedades ligantes y cohesivas de la mezcla y estas dependen de las propiedades físico-químicas del asfalto, las que a su vez regulan su comportamiento reológico y las propiedades de la mezcla. En este trabajo se adiciona un aditivo reju-

venecedor en un asfalto convencional y se evalúa su comportamiento e incidencia de este en las propiedades y temperatura de falla del asfalto a diferentes dosificaciones.

### Materiales Empleados

El ligante asfáltico analizado es un asfalto convencional Ekbé 64-16 proveniente de la refinería de Salamanca y un aditivo rejuvenecedor. El objetivo, determinar el efecto en la temperatura y las propiedades reológicas del asfalto, así como las limitantes que se presentan en el uso de aditivos en el asfalto del RAP.

Inicialmente, para este trabajo se realizó la adición del aditivo rejuvenecedor en diferentes porcentajes con respecto al peso del asfalto. La Figura 1 muestra el proceso de incorporación de aditivo rejuvenecedor en una muestra de asfalto convencional, dicha muestra debe calentarse a una temperatura de 150 °C, una vez alcanzada se adiciona el aditivo rejuvenecedor lentamente para una vez adicionado agregar 30 minutos de agitación y dispersar por completo el aditivo en el asfalto (condiciones representativas para este tipo de rejuvenecedor y asfalto).

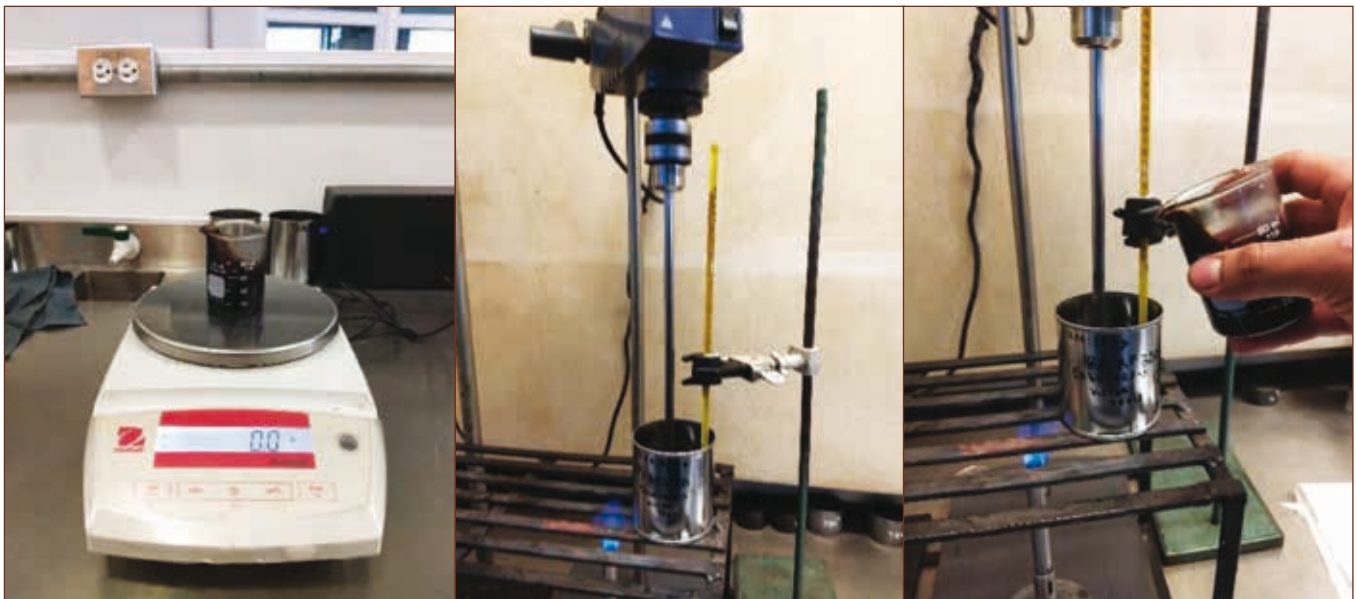


Figura 1. Incorporación de aditivo rejuvenecedor en el asfalto convencional: Se toma una muestra representativa de asfalto con peso conocido, se incrementa y controla la temperatura de este a través del monitoreo con un termómetro y el contacto directo con la flama, posteriormente, se adiciona el aditivo manteniendo las condiciones iniciales de temperatura y agitación para adicionar el aditivo, una vez terminado continuar agitando por 30 minutos como mínimo para después obtener una muestra representativa y determinar sus propiedades reológicas (Lasfalto, 2018).

Posteriormente se obtuvieron las muestras necesarias para ser analizadas en el reómetro de corte dinámico, en dicho proceso se obtienen las temperaturas de falla del asfalto resultante con las diferentes cantidades de aditivo para cada dosificación.



La Tabla 1 muestra los resultados del análisis de temperatura de falla para diversos contenidos de aditivo rejuvenecedor, determinadas mediante el uso del reómetro de corte dinámico (DSR).

Una vez obtenidas las muestras y analizadas en el reómetro de corte directo, a continuación se muestran las temperaturas de falla del asfalto resultante con porcentajes de aditivo que parten del 3 hasta un 24%, porcentaje con el que se puede llegar a obtener temperaturas de falla de 55 °C.

**Tabla 1 Influencia del aditivo rejuvenecedor sobre la alta temperatura de falla del asfalto de aporte**

Porcentaje de aditivo Rejuvenecedor (%)	3	6	9	12	15	18	21	24
Temperatura de falla alta (°C)	67,6	65,1	63	61,1	58,8	56,9	55,2	53,1

Con los datos presentados en la Tabla 1 se graficaron las temperaturas de falla versus los porcentajes de aditivo rejuvenecedor en el asfalto, con lo que se obtiene un coeficiente de  $R^2 = 0,9984$  demostrando confiabilidad en el proceso. Además, la variación de la temperatura de falla con respecto a la incorporación de aditivo rejuvenecedor presenta un comportamiento casi lineal.

El grado de desempeño PG deseado del asfalto para una mezcla en particular se determina en función del clima (zona geográfica, México), Nivel de tránsito en ejes equivalentes y velocidad de circulación, todo esto para el proyecto en particular

# QUINTA REUNIÓN ACADÉMICO ESTUDIANTIL CONVOCATORIA AMAAC



Asociación Mexicana  
del Asfalto A.C.

## INVITACIÓN:

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

## OBJETIVO:

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

## TEMÁTICA:

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

## ACTIVIDADES:

- **Trabajos técnicos:** Se invita a las universidades y a sus estudiantes a presentar trabajos técnicos sobre la temática, quedando en libertad los autores de darle el enfoque que considere adecuado. Los interesados deben enviar sus trabajos totalmente terminados a más tardar el 19 de octubre, a [eventos@amaac.org.mx](mailto:eventos@amaac.org.mx) a fin de ser evaluados. El tiempo de presentación durante el evento depende de los trabajos aceptados. Esta notificación será el 23 de octubre.
- **Jeopardy:** Se llevará a cabo el viernes 9 de noviembre. Los interesados deberán registrarse al correo electrónico: [eventos@amaac.org.mx](mailto:eventos@amaac.org.mx) Los equipos estarán conformados por 5 participantes. Al momento de registrar al equipo, se proporcionará el temario de estudio. La dinámica comprende asfaltos, mezclas asfálticas y agregados pétreos. La fecha límite para registro de equipos es el lunes 22 de octubre. Sólo se puede registrar un equipo por escuela.
- **Taller de diseño de mezclas asfálticas:** cada participante inscrito a la Cuarta Reunión Académico Estudiantil AMAAC recibirá una guía de estudio sobre diseño de mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño. El 8 de noviembre se llevará a cabo un taller de diseño con gente experta en el tema, donde se resolverán las dudas que se tengan de acuerdo a la guía de estudio entregada.
- **Examen de certificación en diseño de mezclas asfálticas en caliente:** después de haber asistido al taller de diseño, todos los estudiantes que así lo deseen podrán registrarse el jueves 8 de noviembre por la tarde para presentar el examen de certificación en diseño de mezclas asfálticas en caliente el viernes 9 de noviembre, al finalizar el evento. Si la calificación es aprobatoria (80), la Asociación entregará un certificado como diseñador de mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño AMAAC-IMT.

TEPIC, NAYARIT, 8 y 9 DE NOVIEMBRE DE 2018

[amaac.org.mx](http://amaac.org.mx)



Sede:  
Universidad Tecnológica de Nayarit

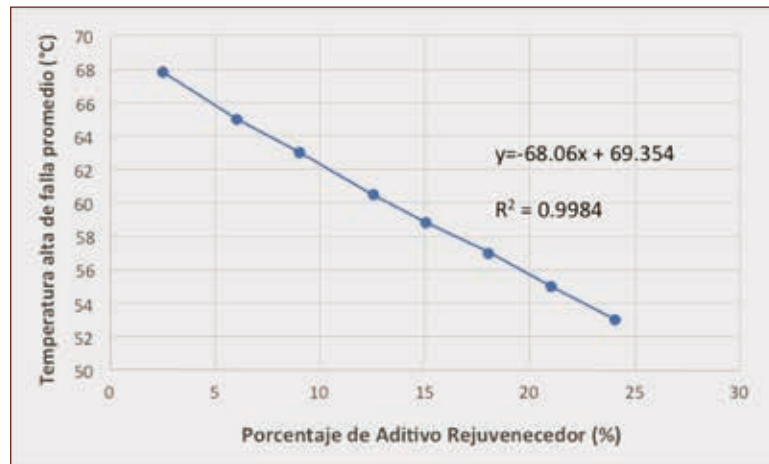


Figura 3. Influencia del aditivo rejuvenecedor sobre la temperatura de falla del asfalto.

donde se colocará la mezcla. Por lo general, la dependencia o agencia responsable especifica el grado bajo el cual se registrará el proyecto y este es indicado en los datos del contrato. Sin embargo, cuando se usa RAP, es necesario cambiar la calidad del asfalto virgen para tener en cuenta la adición del asfalto envejecido contenido en el RAP. Debido a que generalmente es el diseñador de mezclas el que determina la cantidad de RAP que se debe usar en la mezcla, el diseñador puede necesitar determinar cuál debe ser el grado de aglutinante virgen. Por lo que es importante determinar el porcentaje de aditivo y las temperaturas de falla.

Para este caso, en este trabajo se presentan en la Tabla 2, las posibles combinaciones que pudieran darse con el uso de diferentes porcentajes de RAP y temperaturas de fallas distintas para el asfalto del RAP y asfalto virgen o de aporte.

Condiciones para un proyecto hipotético en el que el Grado PG para el proyecto es un PG 76 en la temperatura alta, para esto se supusieron diferentes condiciones como:

- Temperatura de falla del asfalto del RAP: 100, 110, 120, 130 y 140 °C
- Porcentajes de RAP en la mezcla: 15% (tasa baja), 30% (tasa mediana) y 45% (tasa alta).

Esto con el objeto de analizar los panoramas que se pueden presentar en el diseño y selección de asfalto de una mezcla con RAP.

Temperatura de falla: temperatura a la cual cumple exactamente con el valor especificado de  $G^*/\text{sen } \delta$  1 kPa para asfalto original y 2,2 kPa para asfalto envejecido en RTFOT.

La temperatura de falla se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$T_{\text{virgin}} = \frac{T_{\text{Blend} - \% \text{RAP} \times \text{TRAP}}}{1 - \% \text{RAP}}$$

Donde:

$T_{\text{virgin}}$  = Temperatura de falla del asfalto de aporte

$T_{\text{Blend}}$  = Grado PG del proyecto

$\%RAP$  = Porcentaje del RAP expresado en decimales (ejemplo: 0,30 para un porcentaje de 30)

$T_{RAP}$  = Temperatura y falla del asfalto recuperado del RAP


**Tabla 2. Análisis para diferentes contenidos de RAP (15.30 y 45%), temperaturas de falla del asfalto de aporte determinadas por la ecuación propuesta por el Asphalt Institute y el grado PG necesario para el asfalto de aporte de acuerdo a los datos obtenidos en la ecuación**

Porcentaje de RAP en la mezcla (%)	Temperatura de falla del asfalto RAP (°C)	Temperatura de falla del asfalto de aporte (°C)	Grado PG necesario para el asfalto de aporte
15%	140	64,7	PG 64
30%		48,6	PG 46
45%		23,6	PG 22
15%	130	66,5	PG 64
30%		52,9	PG 52
45%		31,8	PG 28
15%	120	68,2	PG 64
30%		57,1	PG 52
45%		40	PG 40
15%	110	70	PG 70
30%		61,4	PG 58
45%		48,2	PG 46
15%	100	71,8	PG 70
30%		65,7	PG 64
45%		56,4	PG 52

De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 2 se puede observar que, inicialmente para la temperatura de falla de 140 °C. temperatura en la que las tasas bajas de RAP (menores al 15%) son factibles de fabricar, sin embargo, para tasas por arriba del 15 (condición en la que el asfalto está muy envejecido), este tendría que estar con un PG o temperatura de falla demasiado baja, además de altos contenidos de rejuvenecedor, por lo que se complica su fabricación. Para la condición de un asfalto envejecido extraído del RAP con una temperatura de falla de 130 °C los porcentajes factibles son los porcentajes de 15 y 30%. Mientras que para la temperatura de 120 °C y 110 °C, se mantienen la restricción de poder trabajar con condiciones de porcentaje de RAP altos (mayores a 30% de RAP). Por otro lado, la temperatura de falla de 100 °C resulta ser la temperatura

con mejores condiciones, con las que se podría trabajar hasta con porcentajes de RAP de 45%. Cabe mencionar que las temperaturas más comunes de falla de asfaltos extraídos de RAP de pavimentos flexibles en México oscilan entre los 120° y 140 °C. por lo que se deberá poner especial atención cuando se pretendan usar tasas altas de RAP.

## Conclusiones

El uso de mezclas con pavimento asfáltico reciclado en los últimos años en México se ha venido incrementando por lo que es importante definir todas las propiedades de los componentes (asfalto, agregado y RAP) con el principal objetivo de lograr diseños exitosos y pavimentos duraderos. A través de este trabajo se pueden concluir que las tasas altas de RAP (más del 30%) en una mezcla asfáltica deben tener especial atención, debido a que esa cantidad de asfalto envejecido afecta significativamente el desempeño de la mezcla. Por otra parte, el grado de envejecimiento del asfalto extraído del RAP (temperatura de falla) es otro aspecto importante, para temperaturas de falla del asfalto extraído por arriba de 130 °C las temperaturas de falla para tasas intermedias y altas del asfalto virgen resultan muy bajas y esto implicaría usar asfaltos demasiado blandos y cantidades altas de rejuvenecedor, aspecto que deja de ser factible en la práctica. Finalmente, el uso de un aditivo rejuvenecedor es necesario para devolver al asfalto envejecido hasta un cierto grado las propiedades que fue perdiendo con el paso del tiempo y condiciones de campo que afectaron a sus propiedades. De esta forma es posible garantizar la recuperación de las características físicas del asfalto como: flexibilidad, adhesividad, capacidad de cohesión y propiedades que ayudan a retardar la aparición de las fallas en los pavimentos flexibles. 

## ¿Quieres profundizar?

- McDaniel, R. Anderson, M. (2001). *Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method: Technician's Manual*. NCHRP Report 452. Washington D.C. National Academy Press.
- McGennis, R. Shuler, S. Bahia, H. (1994). *Antecedentes de los métodos de ensayo de ligantes asfálticos de Superpave (1a ed.)*. Lexington KY: Asphalt Institute.
- McGennis, R. Anderson, M. Kennedy, T. Solaimanian, M. (1994). *Antecedentes del diseño y análisis de mezclas asfálticas de Superpave (1a ed.)*. Lexington KY: Asphalt Institute.
- Alarcón, J. *Estudio del comportamiento de mezclas bituminosas recicladas en caliente en planta*. tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España (2003).
- Roberts, F.L., P.S. Kandhal, E.R. Brown, D.-Y. Lee, and T.W. Kennedy. *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*. National Asphalt Pavement Association Education, Foundation: Lanham, MD (1996).

¿Tienes un artículo técnico?

...envíalo a [dirgral@amaac.org.mx](mailto:dirgral@amaac.org.mx) y podrá ser publicado en

**ASFÁLTICA**  
REVISTA TÉCNICA

# Iluminación óptima en obras nocturnas de pavimentación

Eric Barry  
Airstar Latino América  
mexico@airstar-light.com

Objetivos como: el incremento de la productividad, la reducción de los costos, el cumplimiento de los plazos, la seguridad de los trabajadores y la seguridad vial, son determinantes en la actividad de pavimentación y asfalto.

Desde varios años, la industria del asfalto en Europa y Estados Unidos optó por operar, en su mayoría, en horarios nocturnos para alcanzar estos criterios de optimización. Es aun mas cierto en nuestras regiones donde las temperaturas diurnas son elevadas sumándose el efecto del incremento de calor del material asfáltico.

En horarios nocturnos, los operadores se benefician de temperaturas más clementes, el impacto del calor del asfalto es menor y no son necesarias medidas de protección contra el sol, causa de casos de deshidratación y agotamiento del personal. Las incidencias en la productividad de la obra son fácilmente cuantificables. La densidad de tránsito diurno es otro factor importante que se tiene que tomar en cuenta en la planificación de la obra con consecuencias notables, por ejemplo: los tiempos de rotación de camiones en la entrega del material asfáltico a las pavimentadoras. De noche, la mayor fluidez del tránsito facilita la circulación de las cargas de asfalto, el movimiento de máquinas, camiones y las operaciones periféricas a la obra, con un impacto significativo en los costos de movilización. Mas allá de cualquier objetivo de productividad o de optimización de costos, hay que subrayar la seguridad del trabajador y la del usuario de la carretera. La impaciencia del conductor frente a interminables filas de espera bajo el sol debido a la reducción de carriles en la vía induce un incremento del estrés, la disminución de la observancia de las reglas de seguridad y el aumento del índice de riesgo de accidente. De noche, disminuye naturalmente el tráfico en las vías, la densidad de los congestionamientos vehiculares y sus consecuencias sobre la seguridad de operadores y conductores.





# MIENTRAS LEES ESTO



APP QUERÉTARO - SAN LUIS

**DESARROLLAMOS INFRAESTRUCTURA  
EN 4 DE LOS PRINCIPALES  
EJES CARRETEROS DEL PAÍS.**



[www.vise.com.mx](http://www.vise.com.mx)

[comunicacion@vise.com.mx](mailto:comunicacion@vise.com.mx) | (477) 215 9000







# XX CILA

CONGRESO IBERO LATINOAMERICANO DEL ASFALTO  
MÉXICO 2019



Asociación Mexicana  
del Asfalto A.C.

## RETOS Y OPORTUNIDADES EN EL MUNDO DEL ASFALTO

GUADALAJARA, JALISCO, MÉXICO

25-29 DE NOVIEMBRE DE 2019

Inscríbete al XX CILA a través de la página [xxcila.mx](http://xxcila.mx)  
y aprovecha los descuentos por pago anticipado.

	Antes el 25 de mayo de 2019	Antes del 24 de agosto de 2019	Antes del 26 de octubre de 2019	A partir del 26 de octubre de 2019
SOCIOS	US\$500.00	US\$550.00	US\$600.00	US\$700.00
NO SOCIOS	US\$600.00	US\$660.00	US\$750.00	US\$900.00
AUTORES*	US\$450.00	US\$450.00***	***	***
ESTUDIANTES**	US\$225.00	US\$250.00	US\$275.00	US\$300.00
ACOMPAÑANTES	US\$250.00	US\$280.00	US\$320.00	US\$375.00

\* Pago especial a autores (uno por trabajo)

\*\* Estudiantes de licenciatura con credencial vigente

\*\*\* La fecha máxima para la inscripción de autores y confirmación de su asistencia será el 24 de septiembre de 2019

No obstante, estos factores de perfeccionamiento solo son alcanzados si las operaciones nocturnas se benefician de una óptima y adecuada iluminación. Los globos de iluminación son la solución idónea a esta necesidad. Inventados hace más de 25 años por una empresa francesa, líder en este mercado, su uso se generalizó años tras años para ser en la actualidad una herramienta imprescindible de las obras nocturnas de pavimentación. Es común en Europa que los constructores de obras de pavimentación incluyan en el pliego de la licitación el uso de estos equipos obligando al proponente en su propuesta. Su impacto en la calidad del trabajo es reconocido por los actores mayores de la industria y los resultados en la salvaguardia de la integridad de las personas y la reducción de los accidentes del trabajo ha sido tan notable que organismos estatales implementaron programas de subsidio por la compra de globos de iluminación para ciertas categorías de empresas.

La eficacia de los globos de iluminación se perfeccionó a medida que la tecnología de los textiles de las fundas y las fuentes de luz se desarrolló. Al inicio del producto, el compromiso entre resistencia del textil y su capacidad de restitución luminosa era insuficiente, las bombillas de tungsteno que alimentaban el globo eran frágiles, con corta duración de vida y muy consumidoras de energía. Estas



ineficiencias se eliminaron gracias a largos estudios en los departamentos de R&D del fabricante y sobre todo con el “feedback” de los usuarios que son el mejor laboratorio de pruebas. La eficiencia de los equipos, que se mide en: Lumens restituidos/Watts consumidos, incrementó considerablemente con la llegada de la tecnología LED de alta intensidad que permite el uso de potencia de más de 1 200 watts por unidad, una duración de vida del LED de 30 000 horas, sumando el desarrollo de textiles de alta restitución luminosa con un grado de resistencia al desgaste elevado y una impermeabilidad perfecta: IP54, lo que, en su conjunto, permite alcanzar resultados de eficiencia luminosa de: 110 lm/W.

Las ventajas en el uso de globos de iluminación son múltiples:

- Una luz homogénea a 360° eliminando las diferencias muy molestias entre zonas de trabajo oscuras y zonas iluminadas.
- No proyecta sombra plana en el suelo para un perfecto control del asfalto y del acabado.
- No deslumbra los operadores y evita el cansancio ocular, causa mayor de accidentes del trabajo.
- No molesta a los conductores transitando en vías paralelas a la obra, disminuyendo el factor de accidente vial.



- Simple de instalar, solo se necesita un operador y fácil de mover según las necesidades de la obra.
- No emite calor, luz fría, resistente al viento hasta 100 km/h.
- Muy resistente al uso rudo, impermeable a la lluvia y el polvo, la posibilidad de uso con temperaturas muy bajas: -40 °C o muy altas: + 70 °C.
- El bajo consumo de los LED facilita la alimentación eléctrica de los equipos por generadores ligeros y ahorradores de combustible. También, existen soluciones de globos de iluminación alimentados por baterías.
- El fabricante propone una amplia gama de productos desde 60 hasta 4000 watts, según la necesidad del tipo de operación.
- Una alta eficiencia luminosa que permite iluminar hasta 22,000 m<sup>2</sup> con un solo globo, en menos de 10 minutos.

Stephane Boileau, Director de proyectos para el grupo industrial “Effaige Route” en Francia, lo ilustra perfectamente a través de su experiencia en las obras de pavimentación de la autopista A43 en los Alpes, eje entre Francia e Italia, en 2018. Durante 36 noches, sus equipos procesaron 28,000 toneladas de asfalto en pavimentación: *“Los horarios de operación del proyecto eran entre las 09:00 pm y las 06:00 am cada día para no perturbar el importante tránsito de esta vía... La seguridad era nuestra prioridad... La apertura matutina de la autopista no podía sufrir ningún retraso, de lo contrario, fuertes perturbaciones de tránsito, hasta accidentes podían ser las consecuencias... Era una carrera contra el tiempo todas las noches, de allí, la importancia de la iluminación en la obra. En este caso, entre 12 y 20 globos de iluminación eran instalados cada noche. Fue un verdadero reto que no se pudo lograr sin la eficiencia y versatilidad de los globos de iluminación...”*

Estos equipos de iluminación están disponibles a la venta en México y no hay duda de que las empresas de asfalto locales optarán por esta solución con el fin de optimizar sus operaciones e incrementar la seguridad en obras nocturnas.



# Compactación de las mezclas asfálticas en caliente

Eymard Ávila Vázquez,  
Carlos Reyes Coria,  
Elíezer Serrano,  
Ergon, México  
eavila@ergon.com

## Importancia de la compactación

Numerosos estudios de investigación han comprobado que la obtención de vacíos de aire óptimo a través de buenas prácticas de compactación es vital para alcanzar la vida útil esperada (Hedderich, 2011; Leng, 2011, Linden *et al.*, 1989; Lenz, 2011; Huber *et al.*, 2015; Zaniewski & Ya, 2013).

La compactación es el proceso mecánico mediante el cual un material es comprimido para aumentar su densidad a través de la reducción de vacíos ocupados por aire. Este aumento de material en una misma unidad de volumen (densificación), le proporciona a la capa la resistencia para soportar las solicitaciones de carga.

La aplicación de una compactación adecuada en las mezclas asfálticas es un factor de suma importancia que contribuye al aseguramiento de la durabilidad de la carpeta aun cuando su costo con relación al resto de los elementos principales de la construcción es muy bajo como lo muestra la Figura 1.

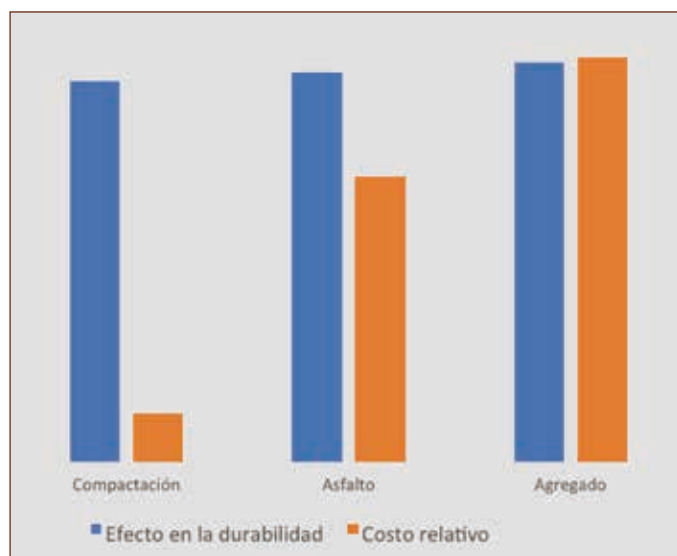


Figura 1. Efecto y costo del proceso de compactación.

## Efectos de la compactación

Entre los principales beneficios de una correcta compactación en las mezclas asfálticas se encuentran:

- Resistencia a la deformación permanente (roderas)
- Resistencia al Agrietamiento por Fatiga
- Resistencia a los factores ambientales
- Reduce la oxidación prematura del Asfalto
- Evita infiltración de agua a las capas inferiores
- Mayor cohesión y estabilidad de la mezcla
- Evita el desgranamiento de la mezcla
- Menor susceptibilidad al daño por humedad

Un incremento de 1% de vacíos de aire (sobre 7% inicial) representa una reducción de aproximadamente 10% de la vida útil del pavimento (Linden *et al.*, 1989).

## Principios de la Compactación

Una mezcla asfáltica es compactada para obtener niveles de vacíos de aire suficientes para proveerle flexibilidad (contracción-expansión) para absorber los esfuerzos y recuperar parcial o totalmente las deformaciones generadas por dichas aplicaciones de esfuerzos. En las capas densas estructurales de sistemas de pavimento convencionales, el porcentaje recomendable de vacíos de aire en la carpeta terminada es del orden de 6-8% del total de su volumen total, previo a la apertura al tránsito vehicular. Gradualmente estos espacios de aire se irán reduciendo, durante su vida útil, hasta obtener el porcentaje de vacíos de aire de Diseño (Figura 2).

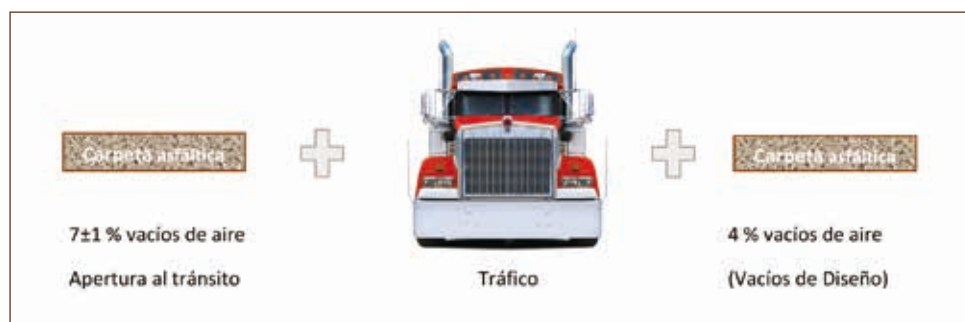


Figura 2. Diagrama de incremento en la densificación de una carpeta asfáltica.

## Fases de la compactación

El proceso de compactación puede dividirse en tres etapas: Inicial, Intermedia y Final. Para cada etapa se emplea una técnica y equipo diferentes (Figura 3).

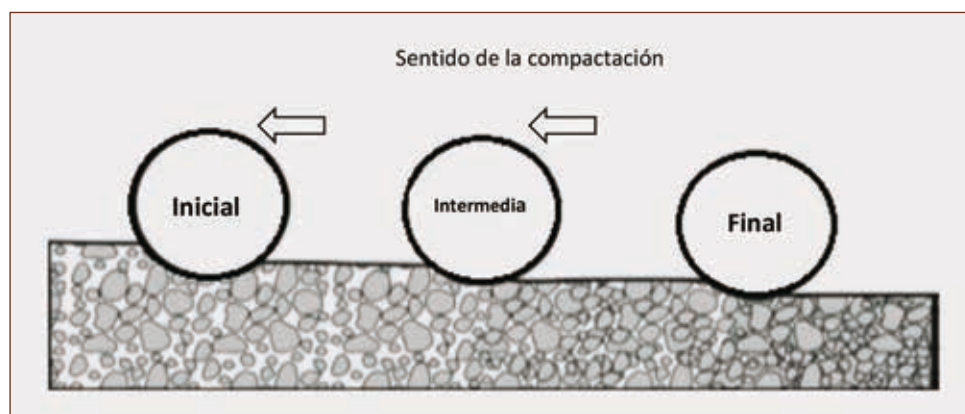


Figura 3. Etapas de la compactación.

# Una nueva era en plantas de asfalto móviles

## CIBER iNOVA SERIES



iNOVA 2000 (200 t/h)



iNOVA 1502 (150 t/h)



iNOVA 1500 (150 t/h)



iNOVA 1000 (100 t/h)

## Incomparable en movilidad y productividad.



Alta capacidad de producción en menos movilidades



Mejor eficiencia en el consumo de combustible



Alto rendimiento en mezclas especiales



Exclusivo y fácil sistema de control · Easy Control®



Robustez, durabilidad y bajo costo de mantenimiento

[www.ciber.com.br](http://www.ciber.com.br)  [ciberoficial](#)

### LA INNOVACIÓN ES LA MEJOR DEFINICIÓN PARA LAS PLANTAS DE ASFALTO CIBER SERIE iNOVA.

Las plantas de asfalto se adaptaban a las características de los materiales y proyectos, pero con productividad variable y proporcional a los mismos. Con las nuevas tecnologías aplicadas en la línea de plantas CIBER Serie iNOVA, la productividad máxima es una constante, independiente de los materiales y proyectos; la calidad se alcanza de acuerdo con los parámetros establecidos en cada operación. Esta ruptura de paradigma abre un gama de oportunidades para que se produzca más, con mayor calidad, menor impacto ambiental y menor costo.

## Tren de Compactación

El tren de compactación consiste en la configuración del tipo de compactadores que se utilizarán para densificar la mezcla asfáltica. La selección de los equipos está en función del tipo de compactación que se requiere. La mayor densificación se obtiene en la fase inicial del proceso de compactación que es cuando la temperatura de la mezcla es más alta y más susceptible a la reducción de su volumen (Figura 4).

Para lograr sincronizar adecuadamente los trabajos una consideración significativa es contar con el número suficiente de compactadores para cubrir en una sola pasada el área total de la mezcla tendida.



Figura 4. Características del tipo y equipo de compactación.

## Patrón de compactación

El patrón de compactación es el proceso que nos permite determinar la cantidad de pasadas o ciclos que los equipos de compactación deben realizar para un tramo de mezcla asfáltica colocada. También ayuda a definir el tipo de compactador por emplear (estático, vibratorio, oscilatorio y neumático) y la temperatura a la que se ejecutará. La Figura 5 muestra el ejemplo de un formato de llenado para la determinación del patrón de compactación.

Con la finalidad de contar con datos representativos de la densificación que se está produciendo en la mezcla en el momento presente de la compactación, es muy importante conocer las densidades de la mezcla de aplicación para efectuar el monitoreo permanente de los resultados.

La sección para definir el patrón de compactación preferentemente será el tramo de prueba, realizando mediciones mediante densímetro electromagnético o nuclear. En el caso de no contar con dichos equipos, la verificación se realizaría mediante la extracción de núcleos de la capa terminada, los cuales podrán ser extraídos a las 24 horas posteriores a la colocación de la carpeta asfáltica para garantizar que las muestras sean resistentes para resistir el proceso de corte.

- Para la determinación del patrón de compactación se requiere registrar los siguientes datos:
- Temperatura de compactación a la que los compactadores realizan cada una de las pasadas.
- Lectura de la medición por cada pasada que realiza el compactador (cuando se cuenta con un densímetro), registrando el porcentaje de compactación, así como el peso volumétrico compacto del lugar o Gmb, hasta el momento en que la compactación de la capa alcance el nivel de vacíos de aire del proyecto.

Cadenamiento de monitoreo de compactación:		82+647		Temperaturas			
Tipo de mezcla:	Granulometría densa de Alto Desempeño			De mezclado:	175 °C		
Temperatura ambiente:	35 °C			De llegada:	168 °C		
Humedad Relativa	54%			De tendido:	165 °C		
Hora inicio/fin compactación	15:45 pm.	16:58 pm.		Al iniciar la compactación	160 °C		
Los compactadores cuentan con un suministro de agua continuo:					Sí		
¿Fue adicionado al agua suavizante o jabón?					No		
Se utilizaron solventes como aditivos anti-adherencia					No		
Gmm (Diseño o producción)	2498			**El valor puede estar referenciado al Gmm de la mezcla de Diseño o producción			
Equipo	Tonelaje	Tipo de compactación	Núm. de pasadas	Perfil de compactación relativa**	Peso volumétrico compacto o Gmb	Temperatura ambiente, °C	Temperatura de referencia, °C
1		Extendidora	0	82,8%	2068	35	36
2	11	Oscilatorio	1	87,6%	2187	35	36
2	11	Oscilatorio	2	89,9%	2246	35	36
2	11	Oscilatorio	3	91,9%	2296	35	36
2	11	Oscilatorio	4	93,8%	2344	35	36
2	11	Oscilatorio	5	94,4%	2357	35	36
2	11	Oscilatorio	6	95,0%	2372	35	36
3	10	Neumático	7	95,2%	2378	35	36
3	10	Neumático	8	95,4%	2382	35	36



Figura 5. Formato de registro para la secuencia de compactación.



Registro del número pasadas que realizan los compactadores en el tramo elegido, lo cual será cotejado con los valores volumétricos de las muestras extraídas en el mismo sitio y con ello verificar el cumplimiento.

Es importante tener en cuenta que los cambios significativos en la estructura mineral, contenido de asfalto, temperatura de producción y de tendido, con respecto al diseño de referencia, representan también cambios o ajustes al patrón de compactación.

## Medición del grado de compactación

Para obtener el grado de compactación de una carpeta asfáltica y asegurar la calidad de la misma, es responsabilidad del constructor la implementación de un control de calidad eficiente para establecer el patrón de compactación apropiado para la mezcla en evaluación.

La construcción de un tramo de prueba permitirá efectuar un ensayo previo de la producción, tendido y compactación de la mezcla. Al analizar y conocer el comportamiento del material, es posible realizar los ajustes necesarios para garantizar una aplicación sistemática y continua de la construcción.

El Grado de Compactación (GC) representa el nivel de densificación alcanzado en una mezcla específica con respecto al valor máximo de densidad que puede alcanzar ésta. El valor máximo es denominado Gravedad específica teórica máxima o Gmm. El Gmm es determinado en Laboratorio y reportado en un diseño de referencia, sin embargo, el valor que deberá ser utilizado para los cálculos corresponderá al obtenido en la mezcla de producción en planta, ya que este parámetro es susceptible a los cambios en la granulometría y contenido de asfalto presentes en la mezcla.

$$GC (\%) = \frac{\text{Gravedad específica de la mezcla compacta o } Gmb}{\text{Gravedad específica teórica máxima o } Gmm} \times 100$$

Para lograr la validación de la calidad de la mezcla deberá hacerse una evaluación de su desempeño al nivel de vacíos de aire iniciales (6-8%) bajo los ensayos que la metodología de diseño o especificación particular establezcan.

Es altamente recomendable contar en obra con un densímetro nuclear o electromagnético debidamente calibrado para obtener información de manera veraz y en tiempo real durante el proceso de compactación.

## Espesores de capa recomendados

Un factor importante para facilitar la compactación de las mezclas en campo es asegurar que el tamaño nominal del agregado sea el apropiado para lograr un proceso eficiente. Los espesores de capa recomendados para las carpetas asfálticas son de cuatro a ocho veces el tamaño nominal del agregado para mezclas densas gruesas y SMA, y de tres a seis veces para mezclas densas finas (*Asphalt Institute*, 2014). La Tabla 1 muestra algunos ejemplos con los tamaños de mezcla más comunes:

**Tabla 1. Espesores recomendados de capas asfálticas en función del tamaño nominal**

Tamaño Nominal	Mezclas densas gruesas y SMA		Mezclas densas finas	
	Espesor mínimo, mm	Espesor máximo, mm	Espesor mínimo, mm	Espesor máximo, mm
25 mm (1")	100 mm	-	75 mm	-
19 mm (3/4")	76 mm	-	57 mm	114 mm
12,5 mm (1/2")	50 mm	100 mm	38 mm	75 mm
9.5 mm (3/8")	38 mm	76 mm	29 mm	57 mm



**¿Quieres profundizar?**

1. Hedderich Jim (2011). Basics of compaction. South Dakota Asphalt Conference. Mobile Automation. USA.
2. Leng Zhen (2011). Prediction in situ Asphalt Mixture density using ground penetrating radar: theoretical development and field verification. Urbana, Illinois, USA.
3. Linden, R.N.; Mahoney, J.P. and Jackson, N.C. (1989). The Effect of Compaction on Asphalt Concrete Performance. 1989 Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.
4. Huber Gerry, Haddock John, Beason Matt (2015) Transportation Research Board. Superpave5: Constructing Asphalt Pavement with Road Air Voids Equal to Design Air Voids. USA.
5. Lenz Russel W., P.E. (2011) Pavement Design Guide. Texas Department of Transportation, TX-DOT. USA.
6. Zaniewski, John P., Yan D.Yu (2013). Hot Mix Asphalt Concrete Density, Bulk Specific Gravity, and Permeability. Asphalt Technology Program Department of Civil and Environmental Engineering Morgantown, West Virginia, USA.
7. Asphalt Institute (2014). The Bailey Method: Achieving volumetrics and HMA compactability. Lexington, KY., USA.



**Último periodo de inscripción 2018**



**Del 24 de octubre al 6 de noviembre**

Más información: [tecnico3@amaac.org.mx](mailto:tecnico3@amaac.org.mx)  
01(55) 5606 7962



## Recordando a nuestro primer presidente **Jorge Cabezut Boo<sup>†</sup>** por medio del mensaje que ofreció al término de su mandato

“Es para mí un enorme privilegio el haber podido encabezar este gran esfuerzo de todos los que somos parte de la Asociación Mexicana del Asfalto. Desde su gestación, la AMAAC tuvo como fin la superación y el desarrollo de sus integrantes, así como la investigación y el estudio del asfalto. Creo que ambos propósitos se han ido logrando.

Dejamos esta Primera Mesa Directiva con la satisfacción de haber sembrado algunas semillas y recogido sus frutos, pero con la plena conciencia de que el siglo entrante nos depara desafíos que deberemos enfrentar con entusiasmo y unión. Queda mucho por hacer y estoy convencido de que seguiremos avanzando juntos por el camino del entendimiento y el trabajo, únicos medios que nos permiten crecer en lo personal y en lo profesional.

A los socios, a los miembros de la Mesa Directiva y al personal de AMAAC, mi agradecimiento por su apoyo y entrega. A las autoridades de la SCT, del IMP principalmente, nuestro reconocimiento por habernos impulsado para la creación de esta Asociación, la cual creemos sea un verdadero acierto para el desarrollo de las tecnologías de los asfaltos. Sin el apoyo de todos ustedes, este sueño nunca hubiera podido ser realidad.

A todas las personas que de alguna u otra manera están relacionadas con el asfalto los invito a integrarse a nuestro grupo, pues necesitamos de su capacidad y talento para poder continuar por la ruta del desarrollo.”



# Garantía de calidad y normas técnicas europeas para la extracción y caracterización de ligantes bituminosos en mezcladoras asfálticas

Dr. Ing. Telma Keppler  
Infratest Prüftechnik GmbH

Los estándares para la pavimentación de carreteras en Europa se definen en las “Directrices para la estandarización de la superestructura de áreas de tráfico” siendo que todos los ensayos son llevados muy en serio y seguidos al pie de la letra por todos los participantes del ciclo de construcción, desde el proveedor de materiales hasta el cliente final.



## Introducción

### *Condiciones de las carreteras*

¿Por qué las carreteras están en tan malas condiciones? ¿Agujeros en el asfalto, cambios de temperatura, tránsito intenso? Todos se quejan de la falta de condiciones de las carreteras y de la falta de dinero, tanto para la construcción de nuevas carreteras, como para la reforma de las existentes.

Pero, para empezar, deberíamos hablar más en serio sobre las ideas y conceptos que sobre el tamaño de la laguna presupuestaria en la construcción de carreteras.

Durante la 3ª reunión de Infraestructura en Berlín, el director del Instituto Alemán de Asuntos Urbanos mencionó en su conferencia que todo el dinero invertido no ayuda en la conservación, si el error se encuentra en la punta de la cadena. El término “agujero en la pista” es una banalización, porque los agujeros son inofensivos a primera vista y se pueden cerrar de forma rápida y con muy poco dinero. Mucho más grande es la amenaza que se esconde

detrás del “agujero”: la “fatiga”. Esta sí desempeña un gran papel cuando se habla del verdadero estado de una carretera. No resuelve “tapar los agujeros” de una carretera infectada por la fatiga.

Pero la fatiga puede ser prevista y calculada. Así como otros tantos problemas pueden ser evitados, previstos y calculados, utilizando tecnología disponible para

ensayos en betún, agregados y mezclas asfálticas. Los ensayos de laboratorios tienen demasiada importancia en la cadena de la construcción de carreteras y, si se lleva a cabo correctamente, evitan mantenimientos improductivos que tienen un costo elevado y fracaso garantizado.

## Carreteras y Reglamentos

Alemania posee cerca de 13,000 kilómetros de carreteras y 39,500 Km de carreteras federales y cerca de 67,000 puentes sobre la responsabilidad del gobierno federal. Además, son 86,000 km de carreteras estatales y provinciales en la jurisdicción de los estados. Las condiciones de tráfico pesado en las calles y carreteras tienen una participación cada vez mayor y requiere un cuidado especial en lo que se refiere al dimensionamiento y la implementación de las características teóricamente calculadas en la construcción de las carreteras. El número de vehículos en las carreteras, principalmente los comerciales ha aumentado mucho en los últimos años y, por lo tanto, tenemos un gran desarrollo de tráfico que conduce a la disminución de velocidad y, por lo tanto, las carreteras se exponen a un significativo aumento de la frecuencia de carga y del transporte El estrés.

Por esta razón, Alemania es muy exigente en lo que se refiere a la elección de socios para la construcción de carreteras. Es necesario atestar una excelente calidad de construcción y calidad de materiales para conseguir siquiera participar en un concurso público de una obra de carreteras.

La construcción en general está determinada por los reglamentos existentes que se siguen rígidamente. Los estándares para la pavimentación de carreteras dentro y fuera de las zonas edificadas están definidas en las “Directrices para la estandarización de la superestructura de áreas de tráfico” (RstO) y en las “Directrices para la estandarización de la superestructura en la renovación de áreas de tráfico” (RstO-E).

En la presentación de propuestas para obras de carreteras, es imprescindible atestar la calidad y adoptar una clasificación adecuada de las etapas de la obra.

El dimensionamiento correcto tiene por objeto crear pavimentos de carretera apropiados a las cargas



Mapa de las carreteras en Alemania (2017).

de tráfico lo que significa larga vida y costos mínimos de construcción y mantenimiento.

¿Pero cómo atestar la calidad? ¿Cómo asegurarse de que el material utilizado es realmente el adecuado? ¿Cómo saber si la mezcla asfáltica atenderá realmente la demanda estimada de tráfico, las variaciones climáticas y cómo saber cómo será el comportamiento de la mezcla en cinco o diez años?

Todos los elementos y etapas pueden y deben ser estudiados y evaluados a través de pruebas realizadas de acuerdo con las normativas vigentes en el país.

Las dependencias funcionales de construcción, propiedad de los materiales, tráfico, carga y clima deben ser conocidas y evaluadas en profundidad para satisfacer las especificaciones de la demanda.

En Alemania las normas vigentes son las normativas nacionales TP (Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau) pruebas técnicas para asfalto en carreteras, realizada por la Sociedad de Investigación de Carreteras y Transportes (FGSV) que es una asociación técnica y científica sin fines de lucro que fue fundado en 1924 con el objetivo principal de desarrollar los conocimientos técnicos en todo el sistema de carreteras y tránsito.

La sociedad FGSV actúa en cooperación con el Instituto Alemán de Normalización (DIN) y como comités de los órganos competentes en el Comité Europeo de Normalización (CEN) y contribuye para la creación de las normas europeas (EN).

Los reglamentos técnicos publicados por la FGSV son seguidos por todos los miembros que forman parte de la cadena de calidad para la construcción de carreteras, desde las refinerías, plantas de asfalto, constructoras, laboratorios independientes de ingeniería hasta las autoridades tributarias o las alianzas público-privadas que, Son los propietarios de las carreteras y por lo tanto también interesados en carreteras de calidad a largo plazo lo que significa larga vida con costos mínimos de mantenimiento.

## Ensayos técnicos

La preparación de una mezcla asfáltica normalizada es fundamental para la calidad de la vía pavimentada. Los métodos de ensayo para asfalto se describen en la EN 12697 - "Métodos de ensayo para mezclas asfálticas". Siguen los métodos de ensayo para clasificar los materiales (agregados y ligantes asfálticos).

Para las operaciones en el marco de los estudios de diseño asfalto debe garantizarse que los agregados y el ligante que se utilice para la producción de asfalto tengan el marcado CE.<sup>1</sup>

Además, son necesarios los ensayos de rendimiento que determinan la influencia del tráfico, carga y clima en las construcciones.

## Inspección inicial y certificado de aprobación

El Parlamento Europeo, teniendo en cuenta el tratado de la Unión Europea, considera las aprobaciones, especificaciones y disposiciones técnicas relacionadas con la construcción, fundamentales y necesarias para garantizar la vida larga y sana de las carreteras.

El fabricante de mezclas asfálticas es responsable de la inspección inicial y de las pruebas en muestras tomadas en fábrica y por el control en la producción.

Los Laboratorios de Ensayos autorizados por el Gobierno Nacional y la Comisión Europea o los Organismos de Certificación también son responsables por la inspección inicial y por pruebas de muestras tomadas aleatoriamente en la fábrica, en el mercado o en el sitio de obras y por el monitoreo continuo de la producción de la fábrica.

La inspección inicial se compone de una serie de pruebas iniciales obligatorias, de conformidad con los requisitos pertinentes de las normas europeas armonizadas y debe realizarse antes de la primera utilización del producto. Estas pruebas son de responsabilidad del fabricante de la mezcla asfáltica y éste debe contratar un laboratorio (propio o de otra autoridad) para proceder a las pruebas.

Los resultados de las pruebas iniciales sirven como base para la evaluación de muestras realizadas en la producción de la fábrica y como requerimiento para la determinación de los niveles de satisfacción operativa.

Forma parte de la inspección inicial, de conformidad con la normativa europea EN 13108 y la normativa alemana TL Asfalto-STB.

<sup>1</sup> Marcación o Certificado de conformidad CE es un indicativo de cumplimiento obligatorio para diversos productos comercializados en Europa e indica que un producto atiende las legislaciones de la Unión Europea. El marcado CE es colocado por el propio fabricante, el cual asume íntegramente toda la responsabilidad por la conformidad del producto en cumplir con las directivas legales vigentes en Europa.

# EXTRACTORA AUTOMÁTICA DE ASFALTO DE MEZCLAS CALIENTES Y MEZCLAS QUE CONTIENEN CAUCHO

ZERO  
EMISSION

**CERO EMISIONES DE SOLVENTES EN LAS EXTRACCIONES!**  
*infraTest: Más de 25 años de experiencia en  
extracción y recuperación de asfaltos*



De acuerdo con  
la nueva norma  
ASTM 8159

**Asphalt  
Analyzer infraTest**

La ÚNICA tecnología  
patenteada y original  
de Alemania

 **infraTest**®  
TESTING SYSTEMS

Wiesenbachstr. 15 / D-74336 Brackenheim  
Tel. +49 (0)7135 9500-17 / Fax. +49 (0) 7135 9500-20  
Mobile: +49 172 795 5533  
Email: [t.keppler@infertest.net](mailto:t.keppler@infertest.net)  
[www.infertest.net](http://www.infertest.net)

**infraTest Prüftechnik GmbH** está establecida desde 1991 en la pintoresca ciudad de Brackenheim-Botenheim, Alemania. Con más de 25 años de experiencia en el campo de la fabricación de equipos de prueba, infraTest ofrece una amplia gama de productos y servicios en todas las áreas de tecnología de pruebas de materiales, incluidos el asfalto, mezclas asfálticas, hormigón y suelos. La innovación y la alta tasa de automatización, el mantenimiento simple, la operabilidad intuitiva y la alta precisión y repetibilidad son los requisitos típicos de los equipos de prueba infraTest.

La norma EN 13108 especifica los requisitos para las mezclas asfálticas destinadas a ser utilizadas en la construcción de carreteras, aeródromos y otras zonas de tráfico, para capas superficiales, capas intermedias y capas de base, tanto para las mezclas asfálticas en caliente como las mezclas que contienen emulsiones de betún y materiales basados en el reciclaje del asfalto. Todas están cubiertas por este estándar. Esta norma europea señala los requisitos para la selección de materiales, a saber:

### **Agregados**

- Tipo y origen
- Porcentaje de categoría de granos (grados, finos, menores que 0,063 mm, menores de 0,125 mm)
- Densidad

### **Ligante bituminoso**

- Tipo y origen
- Punto de ablandamiento Anillo y Bola inicial del ligante
- Penetración
- Recuperación elástica.

### **Aditivos**

- Tipo de aditivo
- Cantidad de aditivos.

### **Mezcla Asfáltica**

- Contenido del ligante
- Tipo y origen de los agregados
- Análisis granulométrico
- Densidad de la mezcla
- Grado de compactación de la mezcla
- Resistencia a la deformación permanente
- Ensayos en el ligante recuperado

### **Reciclado o Fresado**

- Tipo y cantidad de reciclado
- Porcentaje y categoría de granos
- Contenido de Ligante
- Punto de ablandamiento del ligante recuperado del asfalto reciclado
- Punto de ablandamiento en la mezcla ligante resultante
- Densidad

Como ya se ha mencionado, la evaluación inicial es un requisito previo para el marcado CE del asfalto. Los reglamentos para las pruebas también están escritos en una norma EN.

Los certificados de calidad emitidos sobre la base de los resultados de las pruebas realizadas forman parte de los fundamentos contractuales para la construcción en un proyecto.



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



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

ventas@quimikao.com.mx

www.quimikao.com.mx



# ¿Sabías que...

## los pavimentos asfálticos son de fácil mantenimiento?

Ésto significa que las actividades de mantenimiento son breves y generalmente pueden desarrollarse en horarios de menor tráfico o incluso durante la noche para minimizar las afectaciones al tránsito.

Los pavimentos asfálticos bien diseñados y bien construidos, con arreglo a los principios de los Pavimentos de larga duración (*Long-Life Pavements*) ofrecen vidas útiles de más de 50 años.

Fuente: [asphaltadvantages.com](http://asphaltadvantages.com)



La evaluación (inspección) inicial de los materiales y de la mezcla asfáltica se considera la prueba del cumplimiento de la calidad requerida.

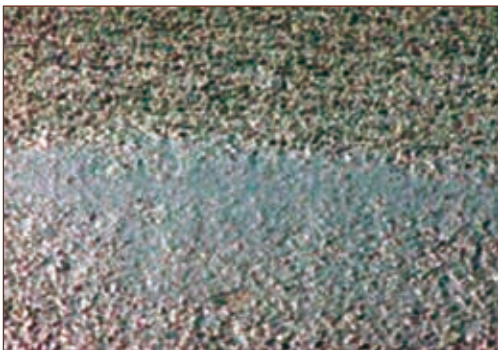
El contratista prueba entonces que los materiales que se suministran son adecuados para la obra específica.



a) *Fundamento plástico de Wheel tracking.*



b) *Deslizamiento de la mezcla asfáltica.*



c) *Exudación.*

## **Determinación del contenido de ligante en la mezcla asfáltica**

La primera parte de la normativa de ensayo para mezclas asfálticas EN 12697-1 es una de las atribuciones más importantes y fundamentales de la norma EN 12697 que trata de la determinación del contenido de ligante en la mezcla asfáltica.

En los Estados Unidos la norma internacional ASTM D 2172 es el método de prueba para la determinación cuantitativa del contenido de ligante de asfalto en mezclas de asfalto y muestras de pavimento y se desarrolló de conformidad con los principios internacionalmente reconocidos sobre normalización establecidos en la Decisión sobre los principios para el desarrollo de normas internacionales, guías y recomendaciones del Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) de la Organización Mundial del Comercio.

El método de prueba ASTM D 6307 que cubre la determinación del contenido de asfalto de la mezcla de asfalto mediante la eliminación del cemento asfáltico en un horno de ignición utilizado en el pasado prácticamente ya desapareció.

Especialmente hablando de mezcla asfáltica moderna en la que los aditivos como aglutinantes, ceras modificadas, nanopartículas, polímeros, caucho, agentes de rejuvenecimiento, etcétera, se pueden mezclar al ligante, el método de horno de ignición no es una alternativa interesante.

Además, la determinación de las propiedades del ligante bituminoso recuperado se ha vuelto muy importante en los últimos tiempos, especialmente en el estudio y en el control de asfalto reciclado, ayudando a minimizar la falla en la construcción de carreteras que utilizan mezcla de asfalto con asfalto reciclado en su composición.

## **Defectos por error en la cantidad de ligante**

Un fallo en la determinación de la cantidad de ligante bituminoso, puede llevar a errores considerables en una obra de carreteras, tanto el exceso como la falta de ligante asfáltico presente en la mezcla asfáltica, pueden causar grandes defectos de la carretera.

Los defectos por error en el contenido de ligante como exudación y trincas por fatiga se producen por mezclas con mayor porcentaje de ligante asfáltico y por un porcentaje menor, respectivamente.

Otras fallas como baja estabilidad, baja resistencia al trinquete por fatiga, co-rugación, deformaciones plásticas, desgarramientos, bajo fricción neumático / pavimento, oxidación acelerada y permeabilidad excesiva afectan directamente la comodidad del usuario, la seguridad en la vía y durabilidad del revestimiento.

La determinación del contenido de ligante en las mezclas asfálticas es generalmente un proceso de trabajo intensivo, con el uso de solventes, predominantemente los hidrocarburos clorados, lo que puede ser muy perjudicial para la salud y el medio ambiente.

Sin embargo, equipos modernos y de alta tecnología consiguen extraer y recuperar todo el ligante contenido en una mezcla asfáltica usando un sistema de extracción automático, haciendo este trabajo en un ambiente cerrado, seguro y respetuoso con el medio ambiente, con foco en la sustentabilidad.

El ejemplo práctico que se presenta a continuación se refiere a la extracción automática de una muestra de asfalto fabricada por una planta de asfalto que utiliza reciclado en su composición. El ensayo se basa en la comparación de masas inicial y final de la muestra.

La comparación de los datos cualitativos (reológicos, penetración, anillo y bola, ductilidad, etc.) del ligante envejecido y del ligante virgen es fundamental para componer los ingresos de la mezcla asfáltica a ser utilizada en la nueva construcción.

Para ello necesitamos recuperar el ligante contenido en el asfalto reciclado para analizarlo.

El resultado del ensayo extremadamente exacto y sin discrepancias, demostrando que la prueba es altamente confiable y por lo tanto se utiliza en todas las etapas del ciclo de calidad.

### ***Ejemplo práctico de aplicación de recuperación de ligante***

La recuperación del ligante betuminoso de la mezcla asfáltica se realiza utilizando la máquina de extracción de asfalto a ciclo cerrado donde una muestra de asfalto es “lavada” con solvente recuperando totalmente los agregados, filler y el ligante contenido en la muestra.

### **Analizador asfáltico automático**



# Información financiera: perspicacia, descuido y más altos ingresos

---

Mark Hurd  
Lars Nyberg

## ¿Cuánto sabe usted realmente acerca de la condición financiera de su empresa?

La mayoría de nosotros monitoreamos la salud financiera de nuestras empresas cada trimestre. Terminamos de preparar los presupuestos para el año venidero dos meses antes de que el año siquiera haya comenzado, lo que significa que estamos prediciendo la actuación con 14 meses de anticipación. Entonces hacemos planes a tres y cinco años. Sin importar que tan buena es nuestra información, ¿podemos realmente decir que sabemos qué va a pasar dentro de tres años? ¿Es hacer buen negocio pretender que podemos ver el futuro? No necesariamente. No sólo es el valor de una planificación financiera a largo plazo sobreestimada, esto a menudo puede conducir a una floja supervisión. Decir que “está en el plan” no es una razón suficientemente buena para hacer algo que ya no da sentido al resultado final.

Establecer un plan estratégico, la visión fundamental de dónde la empresa debería estar, siempre es valioso. Unir números duros a esa visión corporativa puede en la realidad limitar nuestra capacidad para responder rápidamente a los cam-

bios. Ser ágil es esencial en el mercado de hoy. Necesitamos saber más, y saber más rápido, acerca de las finanzas de nuestras empresas. Necesitamos ligarnos menos a los propósitos de largo alcance.

Naturalmente, no pregonemos que los análisis trimestrales y anuales sean abandonados. No solo son requeridos legalmente; además, son críticos para ensamblar el panorama total. Pero la información financiera más importante puede no estar en lo “financiero”. Necesitamos hurgar en los números y hacerlo regularmente.

Necesitamos saber acerca de ingresos, orden y el costo de la tarifa controlada, ahora mismo, para poder recomendar acción oportuna antes de que cerremos los libros, que será cuando tenga mayor impacto.

## Oportunidad de recesión

Las oportunidades vienen en dos estilos. Hay oportunidades de crecimiento y hay oportunidades de recesión. Las últimas son frecuentemente pasadas por alto o erróneamente caracterizadas como medidas para cortar costos, solamente. Administrar bien en una economía en baja demanda más que exprimir costos es lo más conveniente. Los mejores líderes están siempre buscando oportunidades y eso requiere información

detallada disponible con la suficiente antelación para hacer la diferencia.

En cualquier empresa, la pregunta en una economía en baja es cómo acercarse a los clientes cuyos ingresos están declinando y obtener una mejor participación en sus negocios.

### Reporte Financiero

Naturalmente, cuando tenemos información detallada, diariamente a nuestra disposición, la preparación

de las cifras trimestrales y anuales, así como la del presupuesto, deviene en un proceso mucho más eficiente. No solo podemos tener reportes más precisos y más tempranamente. Podemos ahorrar dinero.

Lo hemos visto repetidamente a través de muchas industrias en estas páginas: la información detallada es esencial. Mientras mejor perspicacia tengamos en nuestro negocio, mejor supervisión. Esto es crítico en el ambiente actual. La fe de los accio-

nistas en las corporaciones se ha erosionado. En el peor de los casos, piensan que mentimos; y en el mejor, creen que no entendemos el negocio. La verdad es que si no tenemos una detallada, precisa y oportuna información, probablemente no entenderemos el negocio tan bien como deberíamos. Tenemos que recuperar la confianza pública. Afortunadamente, reconstruir la confianza del público es conveniente para el resultado final.



### Obtener resultados




Adquirir una mayor sagacidad producirá grandes resultados financieros. Hemos visto a través de los extraordinarios registros de desempeño de empresas que han comprometido sus negocios a la información, que están apalancando sus recursos informativos para entender mejor a sus clientes, proveedores, socios y al mercado.

El valor potencial de los activos intangibles ha sido abierto por la información. Dar poder al empleado alimenta un alto rendimiento y la lealtad. La eficacia logística maximiza las relaciones con los proveedores. La comunicación abierta crea alianzas y asociaciones efectivas.

Las empresas que han hecho un compromiso con la información son las más fuertes financieramente, porque están mejor capacitadas para adaptarse a los nuevos imperativos del mercado. El mundo de los negocios, después de todo, no es diferente a nada más: el más fuerte sobrevive.



Te compartimos nuestros medios de contacto:

 55 4500 0117  
   @AMAACmx

01(55) 5606 7862 | [amaac.org.mx](http://amaac.org.mx)

#EligeAsfalto



Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.



# TRA SENDA INGENIERÍA, S A DE CV

proyecto + construcción + supervisión



## ...en el camino

[www.trasenda.com.mx](http://www.trasenda.com.mx)

[ingenieria@trasenda.com.mx](mailto:ingenieria@trasenda.com.mx)

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

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

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



EMS WTECH  
Electromechanical  
Servoactivation  
Technology



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

[www.controls.com.mx](http://www.controls.com.mx)

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

T (+52 55) 5532 0799 - 5532 0722

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

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

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

[info@controls.com.mx](mailto:info@controls.com.mx)

# GMC

- GRUPO MULTISERVICIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN -

TRABAJAMOS CON LA CONVICCIÓN DE  
**MEJORAR A NUESTRO  
MÉXICO**

## VÍAS TERRESTRES

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



## ENERGÍA

- COMBUSTIBLE ALTERNO Y COMBUSTÓLEO
- TRANSPORTE ESPECIALIZADO



## MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN

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



ASFALTOS NACIONALES E IMPORTADOS  
DE NORTE A SUR DE MÉXICO.

[www.gmarca.com](http://www.gmarca.com)

**CAT 018007171800**

BOLUCIONE  
ASFÁLTICA

HELLOS

VISAL

Novocoat

petrien

DOCTOR  
BACH

GRAVELOCK

SEAL FLEX

OMNIA

SMEDT

PENETRA

TOPSEAL

ULTRALINK

BITUELASTIC