

# ASFÁLTICA

REVISTA TÉCNICA

*pavimentar es un arte*



- ☞ **Análisis de desempeño de mezclas en frío bajo Protocolo AMAAC**
- ☞ **Determinación de la composición química del asfalto utilizando el equipo latroscan®**
- ☞ **Proceso de implantación de una metodología de diseño de mezclas asfálticas de alto desempeño en México**



**EXPERTOS EN  
PAVIMENTOS DE  
LARGA DURACIÓN**



**TECNOLOGÍA EN PAVIMENTOS Y  
MATERIALES ASFÁLTICOS**

Más de  
**30.000 KM**  
Construidos con Asfalto  
Modificado Stylink<sup>MR</sup>



# matech

Materials Testing Technology

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO  
PARA MÉXICO, CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE

**¿NUEVOS EN LA INDUSTRIA?  
PARA NADA, TENEMOS 40 AÑOS DE EXPERIENCIA.  
SOLICITA NUESTRAS REFERENCIAS  
A NIVEL MUNDIAL.**



PRENSA SERVO-HIDRÁULICA 30 KN,  
MÓDULO DINÁMICO NIVEL III



4PB AUTÓNOMO SERVO-NEUMÁTICO,  
FATIGA NIVEL IV



RUEDA DE HAMBURGO,  
NIVEL II

Hamburg Wheel  
Tracker in USA



COMPACTADOR GIRATORIO,  
NIVEL I

**MATEST  
PAVETEST**

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

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

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

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

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

# Editorial

---



**E**l pasado mes de octubre se cerró un ciclo más de AMAAC ya que concluyó el periodo del Noveno Consejo Directivo y se abrió el del Décimo Consejo Directivo, en el marco del Seminario Internacional, como siempre un evento que superó las expectativas en asistencia y participación lo cual se agradece a socios y amigos.

Un nuevo año, un nuevo consejo y un nuevo reto para la Asociación Mexicana del Asfalto. Agradezco a todos por el apoyo mostrado y la confianza para asumir este reto, espero seguir contando con éste para el bienio que está empezando.

El escenario quizá no es el mejor y estoy seguro que todos quisiéramos que las cosas fuesen diferentes sobre todo para el gremio de la construcción y en especial para los asfalteros, socios y amigos de AMAAC.

Es tiempo de seguir juntos y trabajar en el mismo sentido como hasta ahora lo hemos hecho, continuar apostando por la calidad de las aplicaciones asfálticas en todas sus formas.

La perseverancia se verá reflejada en la consecución de mejores obras y esto en mejores vías de comunicación en el país, sobretodo este año donde AMAAC cumple su XX aniversario de trabajo permanente, buscando que sus socios estén a la vanguardia de las nuevas tecnologías capacitándose y haciendo siempre las cosas con calidad.

Definitivamente y ante la baja en recursos disponibles para inversión en infraestructura, debemos tomar en cuenta que la red existente requiere de CONSERVACIÓN y también para realizar ésta, es necesario que se elija el tratamiento más adecuado para el mejor pavimento, pero también en el momento preciso.

Nos espera un año difícil o mejor dicho: retador, pero siendo honestos ¿cuál año en México ha sido fácil?, ninguno

---

seguramente y seguimos de pie y avanzando, aunque sea lento continuamos en movimiento y esto debe ser lo más importante y motivante para nosotros.

Después de un arduo trabajo durante el año que terminó, como es costumbre la asociación celebró en diciembre la cena de fin de año en la cual el principal objetivo fue la convivencia entre amigos y sin olvidar el trabajo, si optamos por dejarlo descansar una noche al menos, dicha moción fue bien aceptada y podríamos proponer que fuese con una periodicidad más frecuente para lograr el equilibrio entre lo laboral y lo personal.

Cierro este mensaje, deseando a todos los socios y amigos de nuestra querida AMAAC un prometedor año nuevo, con salud antes que nada, éxito personal y obviamente también éxito laboral.

**¡Preservar es asfaltar!**

**Raymundo Benítez López**  
*Presidente*  
*X Consejo Directivo*



Verano en Catskills, 1865

*James McDougal Hart*  
(1828-1901)

Miembro destacado de la escuela del río Hudson, nació en Escocia y emigró a América a los tres años de edad. Durante sus veintes volvió a Europa a estudiar pintura de paisaje en la Escuela de Düsseldorf. Esta obra se encuentra en el Museo Thyssen en Madrid.

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

# 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

Fernando Mazín Cristo

## Tesorero

J. Jesús Martín del Campo Limón

## Vocales

Diana Berenice López Valdés

Gabriel Hernández Zamora

Horacio Delgado Alamilla

Javier Gutiérrez Cisneros

Jorge Alarcón Ibarra

Luis Eduardo Payns Borrego

Martín Serrano García

Rafael Martínez Castillo

## Comisión de honor

Roberto Garza Cabello

Ignacio Cremades Ibáñez

José Jorge López Urtusuástegui

## Comisión de vigilancia

Fernando Martín del Campo Aviña

Israel Sandoval Navarro

Hugo Bandala Vázquez

## Director General

Jorge E. Cárdenas García

dirgral@amaac.org.mx

www.amaac.org.mx

## Diseño y formación

Lizbeth de Lucio



Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

- 5** Análisis de desempeño de mezclas en frío bajo Protocolo AMAAC
- 15** Determinación de la composición química del asfalto utilizando el equipo Iatroskan®
- 20** Caminos para el agua y la resiliencia
- 22** Amor, paz y... asfalto
- 24** Proceso de implantación de una metodología de diseño de mezclas asfálticas de alto desempeño en México
- 31** Determinación de cantidades de asfalto
- 35** La campaña de las ventajas del asfalto (Asphalt Advantages) celebra su segundo aniversario
- 38** Cal hidratada: elemento clave para lograr mejores pavimentos asfálticos
- 44** Plantas de asfalto con tambor a contraflujo
- 48** Reingeniería para ser más competitivos

# Análisis de desempeño de mezclas en frío bajo Protocolo AMAAC

---

Antonio Valdez Ponce  
Rosita Martínez Arroyo  
José de Jesús Espinosa Arreola  
SemMaterials México  
avaldez@semgroupcorp.com

## Introducción

Las carreteras constituyen uno de los factores más importantes para el desarrollo económico y social de un país; además de ser la principal forma de comunicación. Los caminos y carreteras generan el tráfico de mercancías entre una región y otra, lo cual impulsa el comercio y la producción industrial. Por lo anterior es importante la construcción de vías que cumplan con las necesidades de los usuarios y que tenga una larga vida útil, menores costos de mantenimiento y de operación.

Los pavimentos flexibles se encuentran constituidos por capas granulares y una mezcla asfáltica. La mezcla asfáltica se puede clasificar en base a su temperatura de producción en:

- Mezcla en frío, de 0 °C a 60 °C
- Mezcla semi-templada, 60 °C a 100 °C
- Mezcla tibia, 100 °C a 140 °C
- Mezcla en caliente, 140 °C a 180 °C

Las mezclas asfálticas en frío pueden utilizarse en zonas alejadas, con precipitaciones medias a altas, en donde existen grandes distancias de acarreo de la mezcla o donde haya complicaciones para el traslado de equipos.

En México las dependencias de gobierno dedicadas a la construcción y conservación de la red carretera nacional tienen la necesidad de utilizar mezclas asfálticas en zonas con las características antes mencionadas. Por lo que la utilización de las mezclas en frío es una buena opción.

En el diseño de una mezcla asfáltica se involucran principalmente 2 partes, la parte sólida (agregado pétreo) y una parte líquida (asfalto). En este estudio se utilizaron emulsiones catiónicas de tipo directa (la fase dispersa conformada por una solución jabonosa y la fase discontinua o dispersa por glóbulos de asfalto).

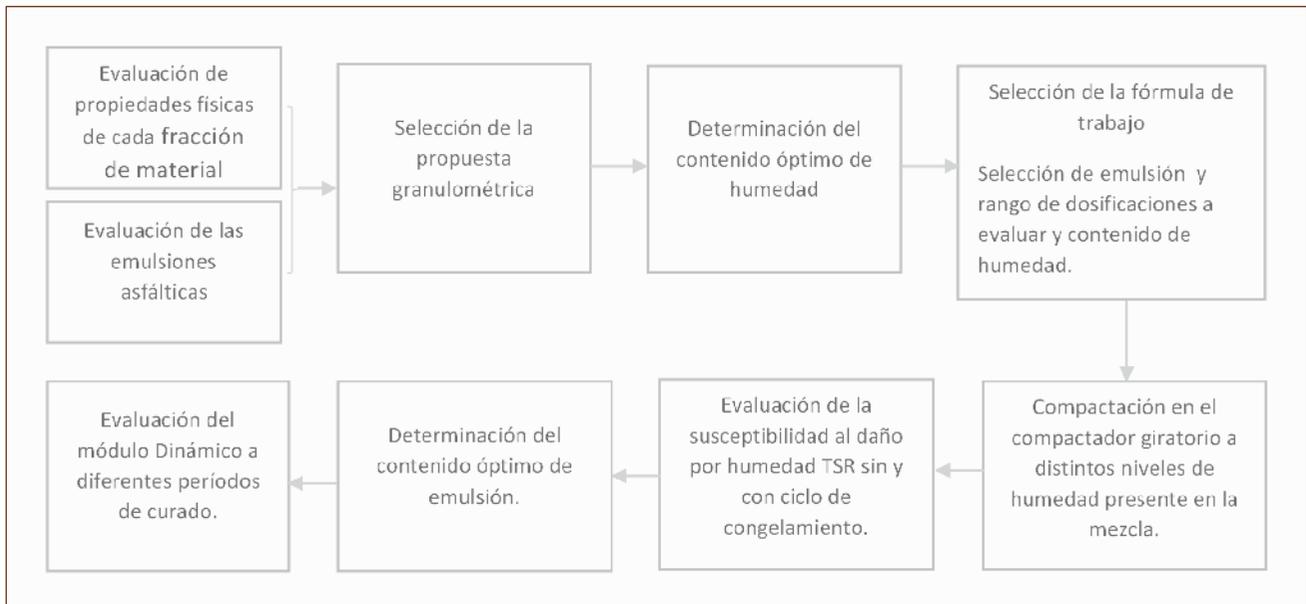
Para realizar el diseño de mezcla se analizaron las características de cada uno de los componentes que conformaran la mezcla asfáltica, las cuales están basadas en la propuesta de Protocolo de mezclas en frío de la Asociación Mexicana del Asfalto A.C. (AMAAC).

## Objetivo

El objetivo principal de este estudio fue evaluar mediante las pruebas de desempeño de tensión indirecta (TSR) y módulo dinámico de compresión axial, las características que puede aportar una mezcla en frío, haciendo una revisión de metodología de diseño propuesto por la AMAAC, así como evaluar el incremento en rigidez de este tipo de mezclas a través del tiempo.

## Desarrollo experimental

El proceso de experimentación incluyó las siguientes etapas principales:



## Materiales

En la investigación actual se utilizaron tres emulsiones diferentes para la producción de las mezclas: Emulsión catiónica de rompimiento lento (ECL), Emulsión catiónica de rompimiento superestable (ECS) y Emulsión catiónica de rompimiento lento modificada con polímero (ECLP). Se seleccionaron las emulsiones que mostraron buena manejabilidad y cubrimiento con el material pétreo utilizado en este estudio.

El agregado pétreo fue procedente del banco llamado *La Letra* (grava y sello) y *Las Derrumbadas* (Arena) localizado en el estado de Puebla. Las características de calidad de los materiales se muestran en la Tabla 1.



**Tabla 1. Propiedades físicas del agregado**

Propiedad física	Norma	Fracción del agregado			Especificación
		Fino	Grueso	Sello	
Peso Volumétrico Seco Suelto, kg/m <sup>3</sup>	ASTM C 29	1503	1439	1336	-
Peso Volumétrico Seco Compacto, kg/m <sup>3</sup>		1687	1550	1528	-
Gravedad Específica Bruta, Gsb		2.448	2.628	2.659	> 2.4
Gravedad Específica Aparente, Gsa	ASTM C 127	2.477	2.840	2.861	-
Absorción, %		0.5%	2.8%	2.7%	-
<b>Pruebas en el agregado fino</b>					
Angularidad, %	AASHTO T 304	48%	-	-	40% mín.
Equivalente de Arena, %	ASTM D 2419	67%	-	-	50% mín.
Azul de Metileno, mg/g	AMAAC RA 05	5	-	-	
<b>Pruebas en el agregado grueso</b>					
Desgaste de Los Ángeles, %	ASTM C 131	-	17%	19%	30% máx.
Micro-Deval, %	AASHTO T 327	-	19%	17%	15% máx.
Partículas con 1 Cara Fracturada, %	ASTM D 5821	-	100%	96%	100% mín.
Partículas con 2 o más Caras Fracturadas, %		-	82%	79%	90% mín.
Partículas Planas, %	ASTM D 4791	-	2%	3%	10% máx.
Partículas Alargadas, %		-	0%	0%	10% máx.

En la Tabla 2 se muestran las características de las emulsiones utilizadas en el estudio.

**Tabla 2. Características de las emulsiones asfálticas**

Tipo de emulsión		ECL	ECS	ECLP
Prueba	Método de prueba	Valor	Valor	Valor
Residuo asfáltico por evaporación, %	ASTM D 6934	61.62	61.2	61.3
Tamaño de partícula después de almacenamiento en horno a 60 °C una noche				
D(v,0.1) (µm)		2.8	5.0	3.58
D(4,3) (µm)		4.98	8.34	6.32
D(v,0.5) (µm)		4.63	7.79	5.7
D(3,2) (µm)		4.28	7.32	5.43
D(v,0.9) (µm)		7.27	12.59	9.8
Span		9.660E-01		1.09E+00
Viscosidad Saybolt Furol 25 °C, ssf	ASTM D 7496	84	21	26
Asentamiento a 5 días, %	ASTM D 6930	3.2	-	23.2
Retenido en malla núm. 20, %	ASTM D 6933	0.000	0.001	0.004
Carga eléctrica de la partícula	ASTM D 244 / D 7402	+	+	+

## Selección de la propuesta granulométrica

La proporción de cada fracción de material pétreo fue realizada para cumplir con los parámetros granulométricos de la metodología señalada, dentro de los puntos de control, con una composición del tipo fina para facilitar la densificación de la mezcla. La Figura 1 ilustra la curva granulométrica seleccionada.

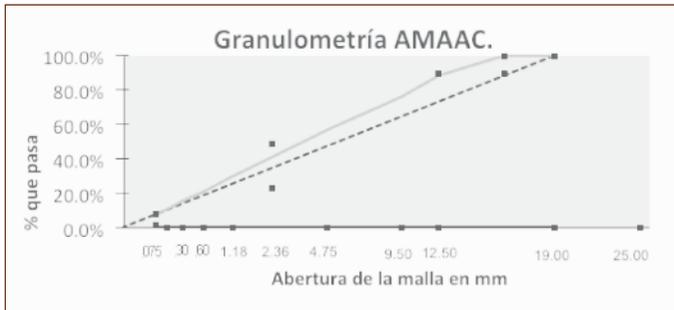


Figura 1. Curva granulométrica.

## Contenido óptimo de humedad

En el proceso de elaboración de las mezclas en frío se utiliza agua de premezclado, con el fin de lograr una buena manejabilidad al mezclar con la emulsión asfáltica y suficiente consistencia en la mezcla durante el proceso de compactación. Sin embargo es práctica común, que la determinación de la humedad óptima de pre-mezclado sea obtenida a juicio del diseñador basado en su experiencia y en la apreciación visual del comportamiento de la mezcla.

En esta investigación, se utilizó la prueba de compactación ASTM D1557 *Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort*, como una referencia para conocer la cantidad de fluido o agua necesarios en la mezcla para obtener la máxima densificación posible de acuerdo a la combinación de materiales. De esta forma, aunque no representa de forma lineal el contenido óptimo de agua de premezclado, el método de prueba proporcionó un valor de referencia para estimar las cantidades totales de agua (de pre-humectación en el agregado más el agua presente en la emulsión asfáltica) requerida para lograr una compactación apropiada.

La Figura 2 presenta los resultados del ensaye a distintos contenidos de humedad.



Figura 2. Curva de compactación (AASHTO Modificada).

De acuerdo a esta curva el contenido óptimo de humedad donde se alcanza la máxima densificación es del 8,0%, entonces si consideramos como ejemplo que la dosificación de la emulsión a usar es del 7,5% y que su residuo asfáltico es de 61,6%, entonces 2,9% de humedad será aportada por la emulsión y el agua de pre-mezclado a evaluar sería 5,0±1,0%.

## Selección de la fórmula de trabajo

De acuerdo a los pre-diseños realizados en cuanto a manejabilidad y cubrimiento con el material pétreo en estudio con los tres tipos de emulsión ECL, ECS y ECLP utilizando los contenidos de humedad de premezclado 5,0±1,0% se seleccionaron el rango de dosificación de emulsión asfáltica a evaluar y el contenido de humedad total (Tabla 3).

Tabla 3. Fórmulas de trabajo utilizadas para la evaluación de la mezcla en pruebas de desempeño

ID de emulsión	% humedad de premezclado	% de emulsión
ECL	4	7,5, 8,5, 9,5
ECS	5	7,5, 8,5, 9,5
ECLP	4	7,5, 8,5, 9,5

## Resultados de los ensayos de desempeño

Para la evaluación de la prueba de tensión indirecta (TSR), se utilizaron dos diferentes pérdidas de humedad total 60% y 70% antes de compactar la mezcla. Los especímenes fueron compactados con el compactador giratorio a la altura requerida de 63,5 ± 5 mm utilizando moldes de un diámetro de 100 mm.

Las condiciones de evaluación fueron considerando el ciclo de congelamiento y sin ciclo de congelamiento.

En las Figuras 3 y 4 se muestran los resultados obtenidos para las distintas emulsiones desarrollando la prueba con ciclo de congelamiento.

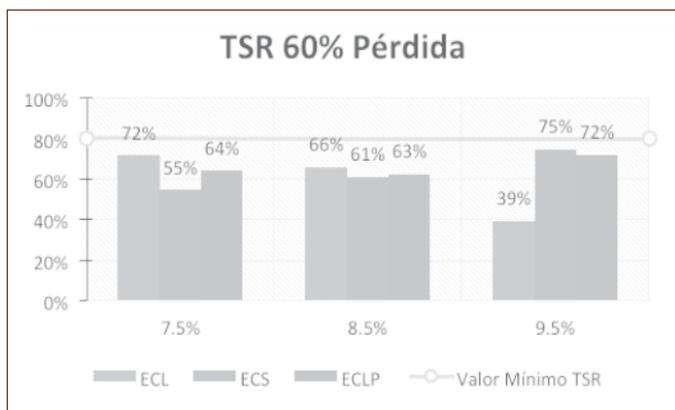


Figura 3. Valores TSR 60% de pérdida de humedad con ciclo de congelamiento.

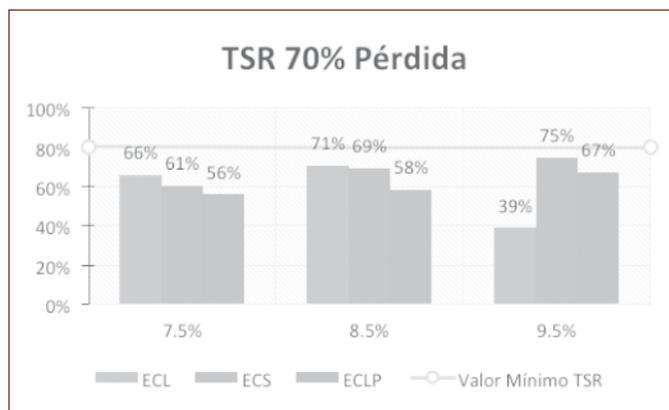


Figura 4. Valores TSR 70% de pérdida de humedad con ciclo de congelamiento.

Tabla 4. Valores de TSR con 60 y 70% de pérdida de humedad con un ciclo de congelamiento

Tipo de emulsión	% Emulsión	% Pérdida de humedad	% Humedad compactación	% de vacíos promedio	Esfuerzo en seco, KPa	Esfuerzo en húmedo, KPa	%TSR
ECL	7.5	60	2.77	12.2	516.71	370.21	72
ECL	7.5	70	2.078	12.2	544.01	358.95	65
ECL	8.5	60	2.926	11.3	427.54	282.75	66
ECL	8.5	70	2.195	11.8	421.17	297.33	71
ECL	9.5	60	3.082	10.7	554.39	217.83	39
ECL	9.5	70	2.312	10.4	612.86	238.33	39
ECS	7.5	60	3.17	15.3	479.82	2161.98	55
ECS	7.5	70	2.378	15.5	433.73	263.15	61
ECS	8.5	60	3.326	13.2	533.75	327.54	61
ECS	8.5	70	2.495	14	499.48	346.54	69
ECS	9.5	60	3.482	11.7	602.55	450.2	75
ECS	9.5	70	2.612	12.6	599.8	449.95	75
ECLP	7.5	60	2.77	12.3	464.68	298.65	64
ECLP	7.5	70	2.078	13.4	480.15	269.31	56
ECLP	8.5	60	2.926	11.8	406.21	254.51	63
ECLP	8.5	70	2.195	12.6	433.69	253.35	58
ECLP	9.5	60	3.082	11	346.88	249.38	72
ECLP	9.5	70	3.312	11.3	380.69	256.48	67

Para el caso de las tres emulsiones utilizadas con las distintas variantes empleadas (contenido de emulsión y contenido de humedad de compactación) para el ensayo de tensión indirecta, ninguna cumplió con el valor mínimo requerido por la Norma AASHTO T283 cuando son evaluadas considerando un ciclo de congelamiento, el cual es 80%.

Uno de los factores que afecta directamente la resistencia de las pastillas son los vacíos de aire que presentan las muestras, los cuales se encuentran en el rango desde 10% hasta 16% de vacíos de aire.

En la emulsión catiónica de rompimiento lento (ECL) y la emulsión catiónica de rompimiento lento modificada con polímero, para el esfuerzo en seco entre menor contenido de humedad de compactación se presente mayor será dicho esfuerzo. Mientras que para la emulsión catiónica superestable ocurre lo inverso, entre mayor contenido de humedad de compactación mayor será el esfuerzo en seco.

En el caso de la emulsión ECL con una pérdida del 60% de humedad para compactar, entre mayor fue el contenido de emulsión utilizado, el porcentaje de TSR disminuyó, y para el caso del 70% de pérdida de humedad de compactación el punto que presentó el mayor valor de TSR fue el considerado en el prediseño como óptimo (8.5%) y tanto un por ciento arriba como abajo del óptimo, los valores de TSR disminuyeron. Se observa cómo el tipo de emulsión, humedad de mezclado y contenido de asfalto afectan la prueba de TSR, sin embargo nos ayuda a identificar la humedad de compactación o curado y contenido óptimo de emulsión

Para las emulsiones ECS y ECLP entre mayor fue el contenido de emulsión el porcentaje de TSR aumentó.

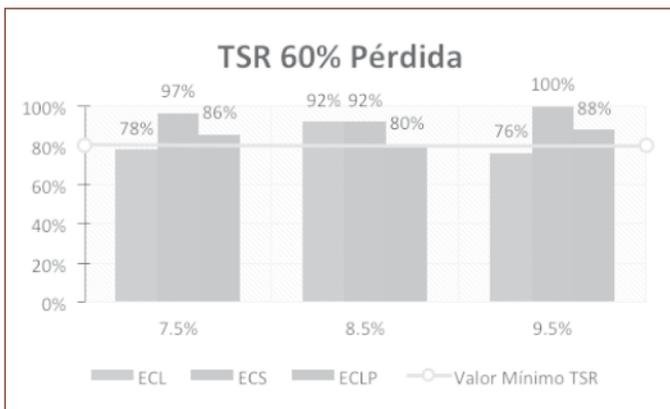


Figura 5. Valores TSR 60% de pérdida de humedad sin ciclo de congelamiento.

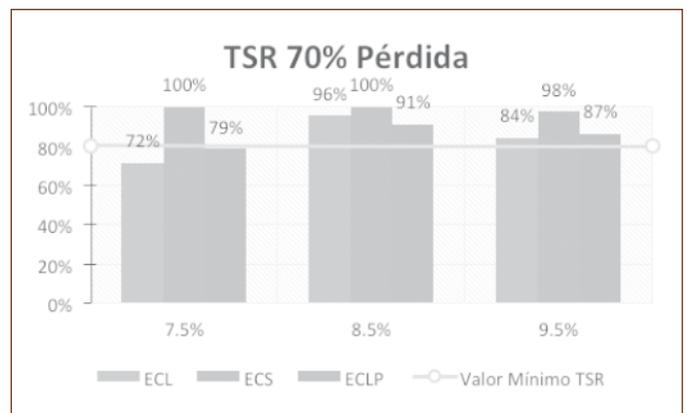


Figura 6. Valores TSR 70% de pérdida de humedad sin ciclo de congelamiento.

La ECS presentó mejor desempeño con una pérdida del 70% y por el contrario la ECLP obtuvo mejor desempeño con una pérdida del 60% de humedad.

Para la condición de prueba sin ciclo de congelamiento los resultados obtenidos son los mostrados en las Figuras 5 y 6.

La mayor parte de los puntos analizados cumplen con el valor mínimo de TSR (80%), dichas muestras no tuvieron el ciclo de congelamiento como lo fue en el caso de la Tabla 4. Con base en estas gráficas se puede determinar que el ciclo de congelamiento es muy agresivo para las mezclas en frío.

## Módulo dinámico

Para la evaluación del módulo dinámico se utilizaron distintas dosificaciones de emulsión (7,5% y 9,5%) en lo que respecta a las pérdidas de humedad se utilizaron dos al 60% y 70%.

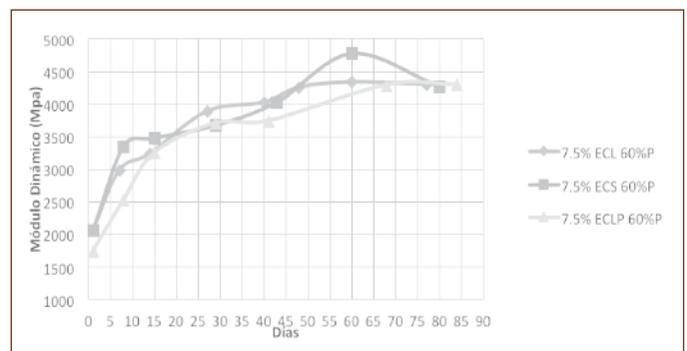


Figura 7. Valores de módulos dinámicos con 7.5% de emulsión y 60% de pérdida de humedad con respecto a los días de curado.



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

- ▶ **Fabricación robusta y de gran calidad, para durar muchos años trabajando libre de problemas.**
- ▶ **Adaptada a los difíciles combustibles alternos del mercado mexicano.**
- ▶ **Menor consumo de combustible, del 25% al 30%, por:**
  - El sistema de contraflujo.
  - Su quemador de "Aire total" y "Potencia variable".
  - Su precalentador de combustible integrado.
  - Su tambor hermético a entradas de aire frío.
- ▶ **Menor consumo de asfalto al incorporar los finos menores a 15 micrones dentro de la película de asfalto.**
- ▶ **Menor consumo de agregados y de asfalto con su gran capacidad de incorporación de RAP.**
- ▶ **Cumplimiento total de la normatividad de la SCT y los cuatro niveles del protocolo AMAAC.**

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



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

En el primer día de evaluación la emulsión modificada con polímero (ECLP) tuvo el valor de módulo dinámico más bajo, pero conforme fueron transcurriendo los días la resistencia aumentó. En la gráfica se observa que las emulsiones en el día 30 aumentan cerca de un 90 a 100% de la carga en el primer día, y en el día 80 las emulsiones presentan un valor de carga similar entre ellas. En los primeros 15 días la emulsión que registró un aumento de carga mayor en relación a su primer día de evaluación fue la modificada con polímero (ECLP).

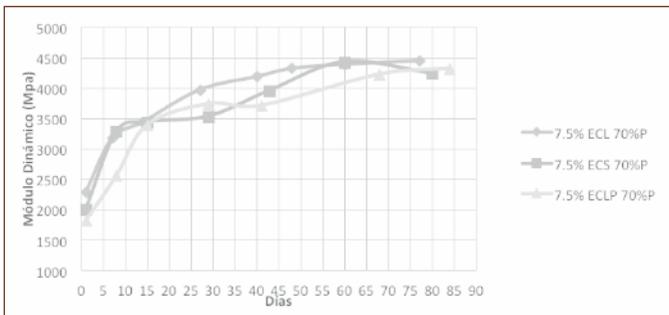


Figura 8. Valores de módulos dinámicos con 7.5% de emulsión y 70% de pérdida de humedad con respecto a los días de curado.

De la misma forma que en la gráfica anterior la emulsión modificada con polímero presentó el valor de carga más bajo y conforme pasan los días fue ganando resistencia. A los 30 días los módulos alcanzaron valores entre los 3500 y 4000 MPa. La emulsión que obtuvo valores de carga mayores en relación a las otras dos fue la emulsión de rompimiento lento (ECL).

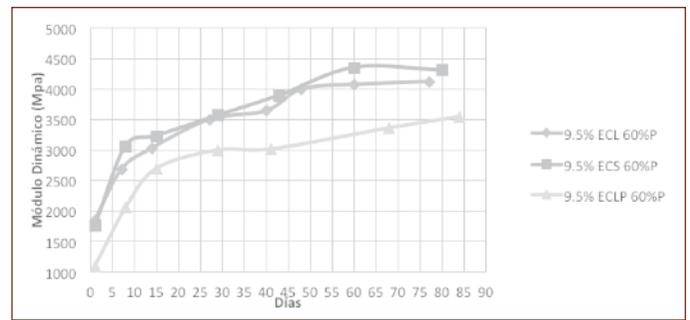


Figura 9. Valores de módulos dinámicos con 9.5% de emulsión y 60% de pérdida de humedad con respecto a los días de curado.

En la Figura 10 podemos ver que la emulsión que registró las cargas más bajas en comparación con las otras dos emulsiones fue la modificada con polímero. De igual manera como se presentó en los especímenes con 7,5% de contenido de emulsión al día 30 los módulos aumentan su resistencia en un 100% respecto a su valor inicial, esto únicamente para las emulsiones de rompimiento lento (ECL) y la superestable (ECS), ya que la emulsión modificada con polímero registra este incremento en el día 15.

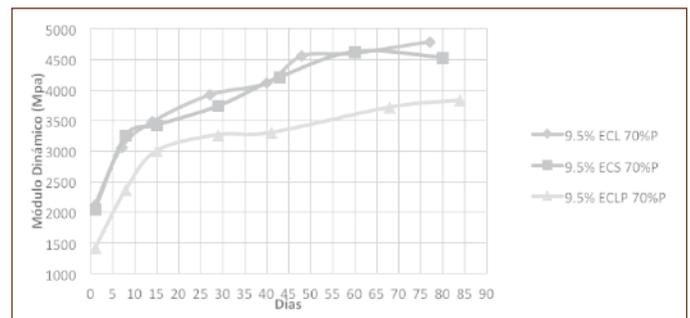


Figura 10. Valores de módulos dinámicos con 9.5% de emulsión y 70% de pérdida de humedad.

# Llévanos contigo...



# ¡Descarga nuestra App!

Las emulsiones de rompimiento lento (ECL) y superestable (ECS) presentaron valores de carga similares y una tendencia de aumento de carga de la misma manera, para el día 30 el incremento en relación al día inicial fue de 80 a 90%.

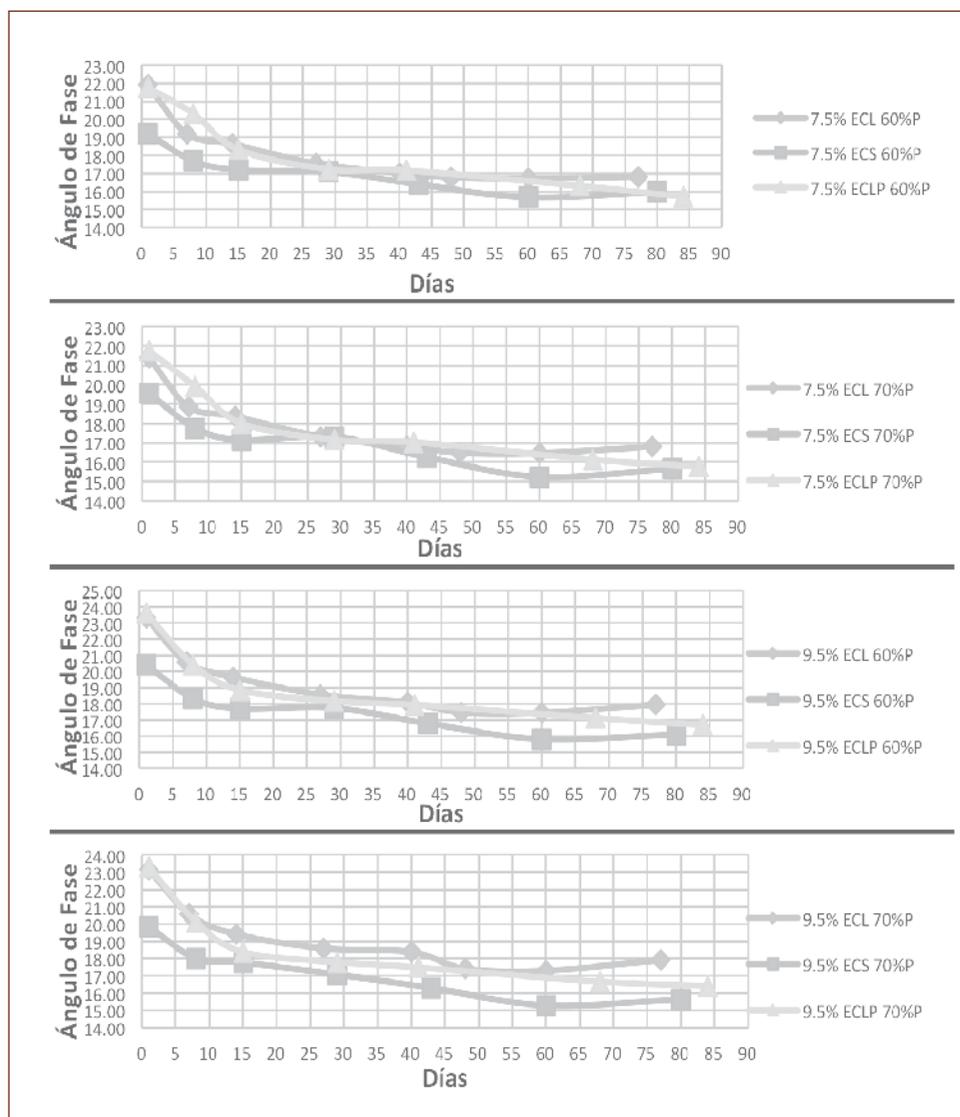


Figura 11. Valores de ángulo de fase con distintos contenidos de emulsión y distintas pérdidas de humedad.

Los valores de ángulo de fase para cada emulsión son muy similares tanto para el 60% como el 70% de pérdida de humedad de compactación. Las tres emulsiones presentaron un comportamiento similar con el transcurso de los días, comenzando con un valor de ángulo de fase mayor y con el paso de los días éste fue disminuyendo.

Aunque inicialmente los valores de ángulo de fase son un poco mayores en comparación con los de 7,5% de emulsión, la tendencia que presentan es la misma, conforme pasan los días este valor disminuye, siendo la emulsión superestable (ECS) la que presenta ángulos de fase inferiores a las otras dos emulsiones.

## Conclusiones

La prueba ASTM D1557 Modificada permite obtener la humedad óptima de compactación de un material granular. La humedad total presente en la mezcla en frío, incluyendo la humedad de premezclado más la humedad aportada por la emulsión, correspondió aproximadamente al valor humedad óptima determinada por este método.

La humedad de compactación óptima como se mostró en el estudio es un factor importante, ya que a mayor humedad la mezcla se desplaza durante la etapa de compactación y con bajos contenidos de humedad existe riesgo de desgranamiento. La humedad de compactación también afecta de forma directa la resistencia de la mezcla.

Los resultados del ensayo de susceptibilidad al daño por humedad (TSR), basado en AASHTO T-283 (con ciclo de congelamiento) no cumplieron con el valor mínimo especificado de 80% para una mezcla en caliente. Esto se debió en gran medida al porcentaje de vacíos mayores en los especímenes de mezcla en frío (10-15%) comparado con los de una mezcla en caliente convencional (6-8%). Los valores obtenidos en esta prueba fluctuaron entre 39 y 75%.

Tanto para la emulsión catiónica de rompimiento lento (ECL) como para la emulsión catiónica de rompimiento lento modificada con polímero (ECLP), a menor contenido de humedad de compactación, mayor esfuerzo en seco se presentó. Esto podría explicarse debido a la composición química y estructura del emulsificante utilizado.

Por otro lado, para la emulsión catiónica superestable (ECS) ocurrió lo contrario a las dos emulsiones anteriores, a mayor contenido de humedad de compactación mayor es el esfuerzo en seco.

La evaluación del TSR, omitiendo el ciclo de congelamiento, cumplió con el parámetro establecido de 80% para la mayoría de los casos, lo que representa un efecto importante del acondicionamiento por congelamiento del agua presente en la mezcla.

El contenido de emulsión es un factor que afecta directamente el comportamiento del TSR, por lo que esta prueba puede ayudar a definir el contenido óptimo de emulsión a utilizar.

El valor del módulo dinámico incrementó con el paso de los días de curado de los especímenes. El incremento de dicho valor estuvo en función de

la emulsión utilizada y de la temperatura de curado de la mezcla. A mayor temperatura de curado, en el rango estudiado, el incremento del valor fue más rápido y de acuerdo al tipo de emulsión los especímenes alcanzaron valores de magnitudes similares a tiempos distintos de curado.

Un valor común de módulo dinámico de mezcla en caliente, utilizado para el diseño de pavimentos es de 3,000 MPa. Este valor fue alcanzado por la mezcla en frío aproximadamente a los 7 días, dependiendo del contenido y tipo de emulsión utilizada.

Debido a que la resistencia inicial de las mezclas en frío es baja y con el paso del tiempo se incrementa, se puede considerar la utilización de un tratamiento superficial, como un riego de taponamiento, para proteger la carpeta asfáltica en la etapa más susceptible (primeros días en funcionamiento) a los esfuerzos en lo que se desarrolla el proceso de curado de la mezcla. 

## ¿Quieres profundizar?

- Asphalt Institute. Emulsiones Asfálticas. Series de Manuales No. 19.
- SemMaterials México. Manual Técnico Básico. (2010).
- Romero A. V. Mezclas asfálticas en frío bajo el protocolo AMAAC. Octavo congreso mexicano del asfalto.
- Garnica Anguas P. Filosofía del Protocolo AMAAC para diseño de mezclas asfálticas densas de alto desempeño. *Asfáltica*.
- Flores Flores, M. Método de ensayo para determinación del Módulo dinámico de mezclas asfálticas en caliente (HMA) (2011).
- AASHTO T 283. Standard Method of Test for Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- AASHTO T 180. Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.) Drop. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- AASHTO T 342. Standard Method of Test for Determining Dynamic Modulus of Hot Mix Asphalt (HMA) American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

# Determinación de la composición química del asfalto utilizando el equipo Iatroscan®

---

Porfirio Gutiérrez Vela  
Gabriel Hernández Zamora  
Grupo Dynasol  
gabriel.hernandez@dynasol.com

## Introducción

El asfalto se define como una mezcla semisólida y compleja de hidrocarburos de diferente naturaleza química. Las moléculas que lo componen son formadas por átomos de carbono, hidrógeno, azufre, oxígeno, nitrógeno y varios metales en menores proporciones. Estos elementos se agrupan de maneras particulares para crear diferentes composiciones moleculares. La naturaleza que presenta cada molécula y su comportamiento químico se rigen principalmente por su acomodo geométrico, su longitud, y los elementos químicos que la forman. Estas moléculas dentro del asfalto se agrupan en cuatro grandes categorías; saturados, aromáticos, resinas y asfáltenos, donde cada categoría exhibe un comportamiento de interacción específico hacia solventes de tipo polares o no polares. El carácter polar es mayor en las moléculas de asfáltenos, seguido por las resinas y aromáticos, y finalmente los saturados carecen de polaridad.

Aprovechando esta diferencia en polaridad se han intentado utilizar diferentes métodos analíticos para separar y cuantificar las cuatro fracciones del asfalto mencionadas. Un método aceptado ha sido propuesto por la Asociación Americana de métodos de prueba estándar (ASTM), quien publica el método D4124 cuya última versión se edita en el año 2009. Este método consiste en hacer fluir una muestra de asfalto disuelta en solvente a través de una columna de vidrio rellena de alúmina, usando disolventes de diferente polaridad (n-Heptano, Metanol, Tolueno y Tricloroetileno) los cuales segregan las fracciones que componen el asfalto. El método resulta prolongado en tiempo (más de 5 horas por muestra) y requiere grandes cantidades de cada disolvente que después se recuperan con un equipo de extracción tipo rotavapor, que se puede volver más prolongado si se realiza la prueba por triplicado para tener mayor veracidad en el resultado.

El uso del equipo Iatroscan® es una nueva práctica que ha tenido gran aceptación entre los investigadores del asfalto, refinerías y productores de asfalto modificado porque permite tener la composición SARA (contenido de saturados, aromáticos, resinas y asfáltenos) en términos de porcentaje en peso sobre el peso total de la muestra en un tiempo no mayor de una hora, con opción a 10 pruebas de repetibilidad en el mismo tiempo, menor muestra requerida de asfalto para el análisis y sin la necesidad de utilizar grandes cantidades de disolvente. Sin embargo, aún no existe un método normado para esta técnica.

Este trabajo propone y describe la técnica para determinar el contenido de fracciones SARA de muestras de asfalto utilizando el equipo Iatroscan® MK-6.

## Descripción del método

El principio básico que define el método de separación del asfalto en cuatro clases consiste en segregar cada fracción valiéndose de la característica polar que presenta cada una. Como medio estacionario se utiliza una barra vertical delgada de cuarzo con un ligero recubrimiento de sílica. La marca comercial más utilizada es Chromarod®. Para la elusión de los componentes, el medio móvil consiste en una serie de solventes de polaridades crecientes. La primera etapa disocia las moléculas no polares de la muestra y son arrastradas a lo largo del Chromarod®. La segunda y tercera etapa excluyen las fracciones de polaridad media dejando en el fondo a los de más alta.

Una vez eludidos todos los componentes, se remueven todos los solventes por evaporación en horno y se coloca el Chromarod® en el equipo Iatroscan®. Éste cuenta con una llama de hidrógeno invisible al ojo humano y un detector de intensidad de flama. El aparato automatizado recopila la variación en la intensidad de la flama conforme va recorriendo a largo de la columna. A mayor concentración de material, la señal aumenta. El equipo crea un cromatograma en donde se grafica la señal de la flama en mili-Volts (mV) contra segundos. Integrando cada componente por tiempos de elusión, se conoce el porcentaje de cada fracción contenida en la muestra.

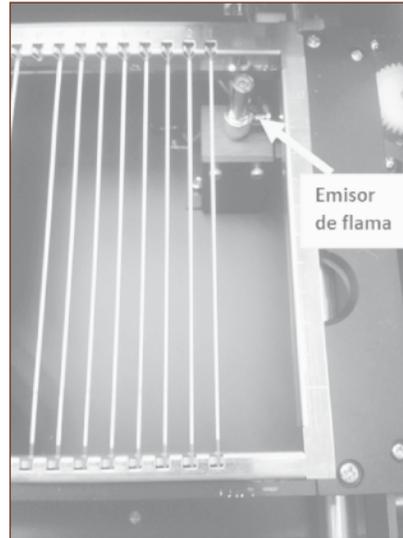


Figura 1. Chromarods® instalados en el equipo.

## Procedimiento

El procedimiento propuesto es específico para el equipo Iatroscan® MK-6, las condiciones pueden variar entre otros modelos y marcas. El equipo deberá permanecer encendido y con la flama ardiendo al menos por dos horas previas a las mediciones de las muestras, esto con la finalidad de estabilizar las condiciones de

**MADISA<sup>®</sup>** **CAT<sup>®</sup>**

# Innovando en el Mantenimiento de Carreteras

**Tecnología de Punta a su Servicio**



CONTÁCTANOS

**01 800 26 30146**

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



prueba. El flujo de aire deberá ser regulado a un flujo de 2 LPM y el de hidrógeno a 160 mililitros/minuto y la velocidad de los escaneos deberá ser ajustada de tal modo que la distancia total de la columna sea barrida en un lapso de 30 segundos.

Para asegurar que las columnas cromatografías estén debidamente libres de impurezas, se recomienda hacer pasar la flama del equipo a través de ellas un mínimo de 5 veces haciendo uso de la opción denominada "BLANK SCAN". Al finalizar los barridos de limpieza, se grafica un escaneo de las columnas sin muestra, donde el cromatograma deberá arrojar una línea base uniforme, de lo contrario, se deberán llevar a cabo más barridos en blanco hasta eliminar todo agente contaminante. Es conveniente rotar los Chromarod® 180 grados entre cada barrido para asegurar la limpieza total.

Haciendo uso de una aguja especial, se inyecta 1(uno) microlitro de una solución de 50 mg de asfalto problema disuelta en 5 ml de Diclorometano grado cromatográfico en cada columna y se llevan a una estufa a 60 °C para eliminar el solvente. La etapa de desarrollo consiste en hacer pasar las probetas por tres etapas de separación. En la cámara 1 se introducen a un ambiente saturado de Hexano, la cámara 2 es de Tolueno y la tercera es una mezcla de Diclorometano con Metanol. Los tiempos de residencia en cada etapa e intervalos de secado entre cada cámara se pueden observar en la siguiente tabla.

Concluido el desarrollo en la tercera cámara, se llevan las columnas en un horno de convección por cinco minutos y enseguida se ensayan las probetas en el equipo.

**Tabla 1. Etapas del desarrollo**

Cámara de desarrollo	Tiempo suspendido (mín.)	Tiempo sumergido (mín.)	Secado en estufa (mín.)	Tiempo en cámara de humedad (mín.)
1. Hexano	10	35	3	10
2. Tolueno	10	7	3	10
3. Diclorometano/Metanol	-	2	5	-



Figura 2. Chromarods® en el soporte dentro de una cámara de desarrollo.

## Resultados

El software del equipo arroja un cromatograma con picos de diferentes alturas dependiendo de la cantidad de materia detectada en cada sección de la barra de separación. Ajustes manuales se pueden realizar en caso de que no se esté integrando algún pico completamente, o si se encuentran impurezas, se puede inhibir su integración con la finalidad de no alterar el resultado.

En la Figura 3 se puede apreciar el cromatograma arrojado por un asfalto grado EKBÉ PG64-22 convencional proveniente de la refinería Francisco I. Madero en Tamaulipas.

Se aprecia una predominante presencia de las fracciones de mayor polaridad; las resinas y los asfáltenos, mientras que los compuestos aromáticos y saturados son encontrados en proporciones considerablemente menores.

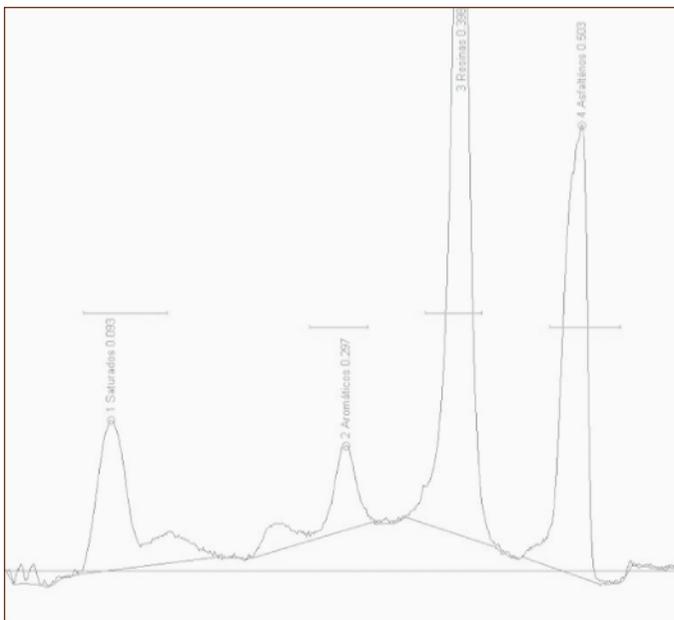


Figura 3. Composición química de EKBE de Refinería Madero.

La imagen de la Figura 4 presenta el cromatograma de un asfalto en donde la cantidad de aromáticos predomina por sobre la fracción saturada y asfáltica, sin embargo las resinas continúan siendo el grupo de mayor abundancia. El incremento de la sección aromática en esta muestra fue realizado artificialmente, es decir, se le agregó un agente con alto contenido de moléculas de carácter bencénico (aceite

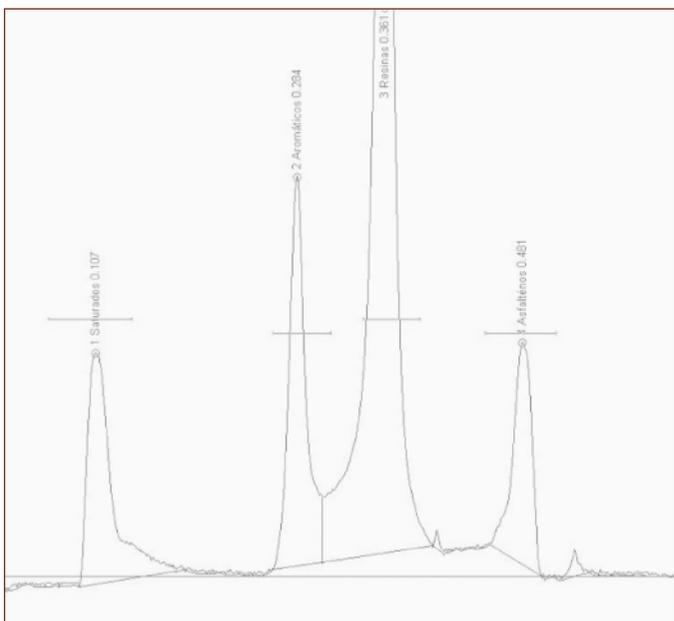


Figura 4. Cromatograma de un asfalto aditivado.

aromático) el cual le permitiría a un modificador que también presenta esta característica (elastómero SBS) dispersarse de manera más eficiente.

## Conclusiones

La principal finalidad de la prueba es que al conocer la composición química del asfalto, se pretenda hacer una estimación de la compatibilidad de la base con los diferentes tipos de aditivos, correlacionando los porcentajes existentes de las cuatro fracciones con la naturaleza de los agentes modificadores de desempeño. Ciertos materiales se dispersan mejor con las partículas aromáticas, mientras que otros son más compatibles con las resinas o asfálticos.

Cuando se va a modificar el asfalto con elastómeros de estireno-butadieno tipo: SBS lineal, SBS radial, SBR o SEBS es fundamental la mayor proporción posible de componentes aromáticos, porque como se comentó en el párrafo anterior, esta fracción facilita la dispersión de estos modificadores, su compatibilidad y la sinergia de propiedades

Este método podría resultar de gran utilidad para los constructores previo a la modificación masiva, ya que si una base presenta una proporción baja de la fracción con la que es compatible el aditivo que se usará, la dispersión podría tardar más de lo usual o no alcanzar un rendimiento óptimo, situación que pudiera solucionarse de antemano agregando un agente enriquecedor de la composición de la base como un aceite aromático o parafínico, según se requiera, o combinación con diferentes asfaltos para manejar composiciones controladas.

El análisis Iatroskan® es un método relativamente rápido y sencillo, de bajo costo y ofrece una amplia perspectiva de la naturaleza de la base asfáltica con la que se desea trabajar.

## ¿Quieres profundizar?

- RANNY M., *et al.* Thin-layer chromatography with flame ionization detection. 1ra ed., Ed. D Rheishel Publishing Co., Boston, USA. 1986.
- BHULLAR, A.G., *et al.*, Journal of Petroleum Science & Engineering, 23 (1999) 41-63.
- ASTM D-4124-09 Standard Test Method for Separation of Asphalt into Four Fractions.

# Caminos para el agua y la resiliencia

Revista Road Highway

## ¿Qué hacer con el agua de carreteras?

Un nuevo concepto del diseño de la carretera puede mejorar los suministros locales de agua

Un nuevo diseño de la carretera podría ayudar a mitigar las fuertes inundaciones en épocas de lluvia y aliviar la escasez de agua en los períodos secos. Este concepto innovador es el ganador de los premios logrados en caminos globales de la IRF, en la categoría de mitigación ambiental.

Los diseños de carreteras a menudo exacerbaban los problemas derivados de las fuertes lluvias. Sin embargo, una nueva iniciativa es

hacer carreteras como instrumentos para la recolección final del agua de lluvia y para mejorar la productividad de la tierra a lo largo de las mismas. Los Caminos del Agua y Consorcio Resistencia, ha trabajado durante dos años para desarrollar nuevos conceptos de carretera, que en lugar de drenar el agua lejos, captan agua alrededor de las carreteras. Esto ayuda a reducir inundaciones y la erosión, mientras que proporciona más agua para la agricultura. El innovador enfoque de diseño de carreteras desarrolla un recurso sin explotar que ayudará a ofrecer resistencia al cambio climático en el Cuerno de África y le ayudará en la lucha contra la escasez de alimentos actualmente experimentados por los 70 millones o más de personas que viven en zonas propensas a la escasez de alimentos extremas.

La Asociación Mundial para la Resiliencia es una iniciativa de la Fundación Rockefeller, la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, en inglés) y el Organismo de Cooperación Sueco para el Desarrollo Internacional (Sida, en inglés). Se centra en reunir a personas y organizaciones de todos los sectores para colaborar en soluciones audaces e innovadoras a los retos más difíciles de resiliencia en el Cuerno de África, el Sahel, y el sur y sudeste de Asia. Los Caminos del Agua y Consorcio Resistencia fue uno de los 17 equipos (de los casi 500 solicitudes) seleccionados para pasar a la segunda fase de la Asociación Mundial para la Resiliencia. El reto global de la resiliencia es un proceso competitivo de donaciones en tres etapas programadas para combatir las crisis agudas y tensiones crónicas en regiones de todo el Sahel, el Cuerno de África y del Sur y Sudeste de Asia.

Según los socios del proyecto, el potencial de la construcción de carreteras que contribuyan al aumento de la escala de medidas de adaptación al cambio

climático es enorme. Las inversiones directas anuales para mejorar la infraestructura vial en el Cuerno de África es por una cantidad de casi \$ 4 mil millones de dólares. En la actualidad, el enfoque en la construcción de carreteras es proteger las carreteras de los daños relacionados con el agua. En el trabajo llevado a cabo previamente en Tigray (Etiopía), el equipo descubrió que por cada 100 km de caminos, en general se presentaban alrededor de 130 puntos problemáticos. Estos pueden ser anegamiento y las inundaciones causadas por las alineaciones de la carretera, erosión severa de alcantarillas y casas y tierras destruidas por las inundaciones de la carretera.

Pero mediante el uso de diferentes métodos, los caminos y la infraestructura relacionada se pueden cambiar en la estructura para conservar, difundir y redirigir el agua a las cosechas locales. Esto reduce la vulnerabilidad de los medios de transporte a las lluvias de temporada y al mismo tiempo la prestación de mejores medios de vida para los que viven al lado de los caminos rurales.

Esto se puede lograr sin costo adicional durante la construcción y con el tiempo puede ofrecer un mayor ahorro debido a las necesidades de mantenimiento reducidos al reducir los daños relacionados con el agua a las carreteras. Este nuevo sistema requiere cambios en los métodos de trabajo establecidos y la aplicación de nuevos conceptos como la reutilización de los bancos de préstamo, la recolección de agua de alcantarillas y drenajes secundarios, vados como presas de arena, la captura de la primavera y esparcidores de agua.

Estos nuevos procesos y medidas se han probado con éxito en algunas partes de la región de Tigray en Etiopía, donde en un año, se llevaron a cabo más de 200 actividades de recolección de agua en todos los distritos. Después de haber probado con éxito este concepto, ahora se puede probar más y en mayor escala.

Las investigaciones realizadas en la localidad Tigray de Etiopía, demostró que la aplicación de las estructuras de captación de agua en las carreteras mejoró la productividad de la tierra en 2014 al nivel más

alto en cinco años, a pesar de ser un año de relativa escasez de precipitaciones. Los estudios mostraron que alrededor de 1,3 millones de m<sup>3</sup> de agua podrían ser recuperados de un tramo de 50 km de carretera.

Además, el uso de las nuevas actividades de captación de agua de carretera aumentaron los niveles de aguas subterráneas, la mejora de la humedad del suelo y ha contribuido a un microclima más estable. En la actualidad, 14 países de África actualmente sufren una grave escasez de agua y esta situación se ve agravada por el cambio climático. Claramente, la recolección de agua de la red de carreteras ofrece importantes beneficios para los países como Etiopía. Hay muchas opciones de ruta de la recolección de agua, incluyendo varias medidas de bajo costo que se encuentran actualmente sin uso, pero pueden contribuir importantemente a la seguridad del agua y reducir la degradación del paisaje.

Por ejemplo, en los bancos de préstamo que originalmente proporcionaron materiales para fines de construcción de carreteras se pueden construir pozos que pueden ser utilizados como instalaciones de captación de agua. En un sitio en Axumarea, Tigray, en el norte de Etiopía, el terraplén de la carretera ahora se utiliza como una represa de tierra y el banco de préstamo como un depósito. Las medidas a cielo abierto son de 250 m de largo por 80 m de ancho y tiene una profundidad máxima de 15 metros. Actúa como un depósito y el agua se recarga desde la superficie de la carretera y los escurrimientos de las zonas adyacentes. El pozo se utiliza para el riego en pequeña escala (usando bombas) y para la recarga de agua subterránea poco profunda en la zona.

En otras áreas, el uso de pozos de percolación junto a los caminos rurales puede capturar el agua de escurrimiento y ayudar a reponer los niveles de agua subterránea, lo que reduce el riesgo de convertirse en tierra reseca durante los períodos de secas. Los esparcidores de agua de las inundaciones de carreteras permiten que las aguas se desvíen para fines agrícolas, lo cual es de particular importancia en las zonas rurales que dependen de la agricultura a pequeña escala. 

Preservar es asfaltar

# Amor, paz y... asfalto

## datos históricos



### RUMBO AL XX ANIVERSARIO

#### Primer Consejo Directivo

Con la idea de formar el famoso CITEA (Círculo Tecnológico del Asfalto), faltaba la creación de AMAAC. Así, el 28 de abril de 1997, reunidos directivos y empresarios de la cadena productiva del asfalto, había que elegir a quienes integrarían el Primer Consejo Directivo de la naciente asociación. En medio de la indecisión por no tener bien preciso la forma de llevar a cabo la elección, uno de los asistentes, sin más preámbulo se aventuró a exponer de manera directa su sugerencia diciendo: “No demos más vueltas, propongo a Jorge Cabezut para que sea nuestro primer presidente y a Alfredo Bonnin para que funja como Vicepresidente”.

La aceptación de todos no se hizo esperar haciéndose unánime mediante un aplauso que selló esa primera elección. La designación de los demás miembros de este primer Consejo, sería aún más fácil al preguntar a los asistentes, quiénes estarían dispuestos a colaborar en este Consejo Directivo que estaría en funciones de 1997 a 1999.

Durante estos dos primeros años, la principal labor que realizó Jorge Cabezut fue consolidar y dar a conocer la existencia de AMAAC, así como informar sus principales propósitos a las autoridades del sector público y privado relacionadas con la producción y uso de los asfaltos. Aunadamente se realizaron diversos seminarios y desayunos-conferencia que permitieron la actualización en las nuevas tecnologías a los interesados. Después de dos años de trabajo, AMAAC contaba con 60 socios y seguiría creciendo.



## La importancia de la calidad en los asfaltos

Dando continuidad a la labor iniciada en AMAAC tomó la estafeta Javier E. Herrera Lozano para el bienio 1999-2001.

Uno de sus mayores logros fue fortalecer el alcance internacional en América y Europa, realizando intercambios de experiencias y conocimientos con otras organizaciones similares. Se logró que AMAAC fuera la representación de México ante el CILA (Congreso Ibero Latino Americano del Asfalto), y firmó convenios con Eurobitume y con la AEM para promover sus eventos en México. La seriedad con la que AMAAC tomó este compromiso internacional la llevó a impulsar la creación de la Asociación Latinoamericana del Asfalto (ALA). AMAAC ya contaba con 106 socios.

La filosofía de trabajo del Segundo Consejo Directivo fue el promover una cultura de calidad en todas las actividades que se realizaron para proporcionar a la sociedad productos y servicios de excelencia.

## Desempeño de los pavimentos asfálticos

Durante el periodo 2001-2003, la responsabilidad recayó en Rodolfo Zueck Rodríguez, quien inició una de las actividades más importantes de AMAAC: elaboración de manuales y libros técnicos. Logrando editar 11 publicaciones técnicas.

Poco a poco, pero con firmeza AMAAC lograba adquirir buena fama en el ambiente asfaltero, prestigio que, con denodado trabajo compartido, iría creciendo a la par de los compromisos y las obligaciones que éstos conllevan, esforzándose en dar permanente continuidad a la capacitación, promoción y asesoría, sin olvidar el impulso a la participación en eventos nacionales e internacionales.



# Proceso de implantación de una metodología de diseño de mezclas asfálticas de alto desempeño en México

Francisco Javier Romero Lozano,  
Yelitza Ayala Del Toro,  
Asociación Mexicana del Asfalto  
Horacio Delgado Alamilla,  
Instituto Mexicano del Transporte  
tecnico@amaac.org.mx

## Introducción

Con la aparición de degradaciones prematuras en el pavimento se ha presentado la necesidad del desarrollo de nuevos materiales y metodologías de diseño. En lo referente al diseño de mezclas asfálticas en caliente surgió la metodología Superpave en Estados Unidos, la cual ha sido utilizada de manera muy puntual en algunos países de Latinoamérica, pero sin conseguir una implantación eficiente. En México surgió, en 2008, el Protocolo AMAAC para el diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño, el cual considera el diseño volumétrico propuesto en la Metodología Superpave, adicionando ensayos de desempeño como son la susceptibilidad a la humedad y a la deformación permanente. Al igual que ensayos mecánicos como son el módulo dinámico y fatiga de la mezcla asfáltica, clasificados en 4 niveles de diseño (Figura 1).

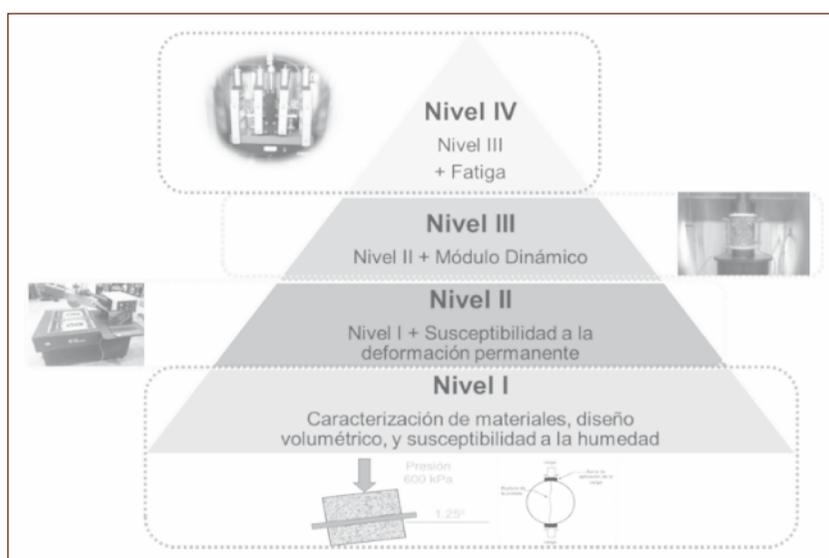


Figura 1. Esquema del Protocolo AMAAC para diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño.

## Problemática inicial

En 2010 se construyen las primeras obras con Protocolo AMAAC en los estados de Nuevo León y Jalisco. Es a partir de estas dos primeras experiencias que surgen las problemáticas iniciales de la implementación de esta metodología. Estas presentaron cuestionamientos serios en la forma de trabajar de la industria de la construcción de carreteras en México. Las insuficiencias principales observadas son las siguientes:

- *Ingeniero especialista en el diseño de mezcla asfáltica:* No existían ingenieros calificados para el diseño de mezclas asfálticas en México. Evidentemente había personal que sabía del diseño de mezclas asfálticas ya sea por experiencia o por haber recibido capacitación en Estados Unidos. Sin embargo, no existía un criterio definido para determinar la capacidad de estos diseñadores ni una base de datos donde estuvieran registrados.
- *Técnicos especializados en la realización de ensayos de laboratorio:* El procesamiento de los datos para el diseño proviene de resultados obtenidos en el laboratorio, los cuales son realizados por técnicos de laboratorio por lo cual es indispensable que tengan conocimientos mínimos en la realización de los mismos; conocimiento de la norma y habilidad en la ejecución del ensayo, así como cumplir criterios de repetibilidad y reproducibilidad en la ejecución de los mismos. Carencia de programas de capacitación específica para ensayos relacionados con el diseño de mezclas asfálticas.
- *Laboratorios de ensayo:* En la actualidad cada país cuenta con diversos laboratorios para el diseño, control y supervisión de obras carreteras. No obstante, en México; en la mayoría de los casos no se tiene la confiabilidad de que estos cuentan con el equipo de laboratorio especificado en la norma para cada ensayo o si este se encuentra calibrado. Lo anterior en gran parte, porque hasta esa fecha no existía un programa que certificara a estos laboratorios.

Como se mencionó anteriormente, la problemática fue enfrentada de fondo, ya que muchos de los requerimientos básicos para lograr carreteras con un

buen desempeño no se encontraban implantados en México. Por lo cual, se vio la necesidad de establecer un sistema que contemplara los diversos procesos de la elaboración de un pavimento, considerando tanto a las empresas como al personal técnico que confecciona el diseño (Figura 2).

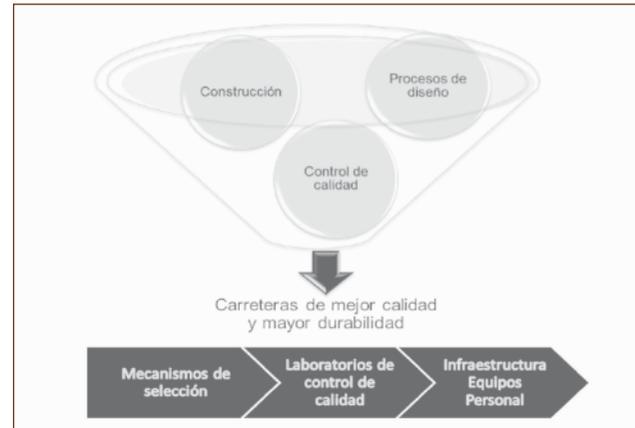


Figura 2. Piezas involucradas en el proceso de elaboración de una carretera.

## Programa de laboratorios con reconocimiento AMAAC-IMT

Se decidió hacer un plan de trabajo que involucrará a las empresas privadas, el gobierno federal y una asociación civil para manejar el proyecto a nivel nacional. Con base en ello, se creó el Programa de laboratorios con reconocimiento AMAAC-IMT, en el cual la Asociación Mexicana del Asfalto es la encargada de la parte administrativa del programa y el Instituto Mexicano del Transporte de la parte técnica (Figura 3).



Figura 3. Esquema de trabajo del programa de laboratorios con reconocimiento AMAAC-IMT.



**VISE**

# EsLaGenteNoLaObra

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

[vise.com.mx](http://vise.com.mx) | [vise@vise.com.mx](mailto:vise@vise.com.mx) | 01-800-087-28-51



20<sup>o</sup>



AMAAC

años

1997-2017

A N I V E R S A R I O

20 años de historia

Este programa tiene como objetivo evaluar a los laboratorios que se encargarán de realizar el diseño, control y supervisión de obras carreteras que abarquen el Protocolo AMAAC, valuando tres puntos claves en la ejecución de ensayos de laboratorio:

1. *Equipos de ensayo*: se evalúan las condiciones del equipo, ubicación y funcionalidad dentro del laboratorio, así como sus rangos de medición con respecto a las normas de ensayo y sus registros de calibración y/o verificación.
2. *Evaluación del personal técnico*: se evalúa el conocimiento del personal respecto a las normas de ensayo a elaborar, así como la habilidad en el manejo de los equipos de laboratorio.
3. *Resultados de ensayos*: Se diseñó un programa de evaluación inter-laboratorio entre las empresas participantes. Determinando la confiabilidad de los resultados mediante análisis estadísticos de los resultados.

Estas tres evaluaciones se realizan para cada uno de los materiales y ensayos involucrados en la fabricación de mezcla asfáltica: agregado, asfalto y mezcla asfáltica. El criterio para otorgar el reconocimiento para cada ensayo se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios de evaluación			
Equipo	Personal	Resultados	Resolución
Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Reconocido
Satisfactorio	Satisfactorio	No satisfactorio	No reconocido
Satisfactorio	No satisfactorio	Satisfactorio	No reconocido
Satisfactorio	No satisfactorio	No satisfactorio	No reconocido
No satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	No reconocido
No satisfactorio	Satisfactorio	No satisfactorio	No reconocido
No satisfactorio	No satisfactorio	Satisfactorio	No reconocido
No satisfactorio	No satisfactorio	No satisfactorio	No reconocido

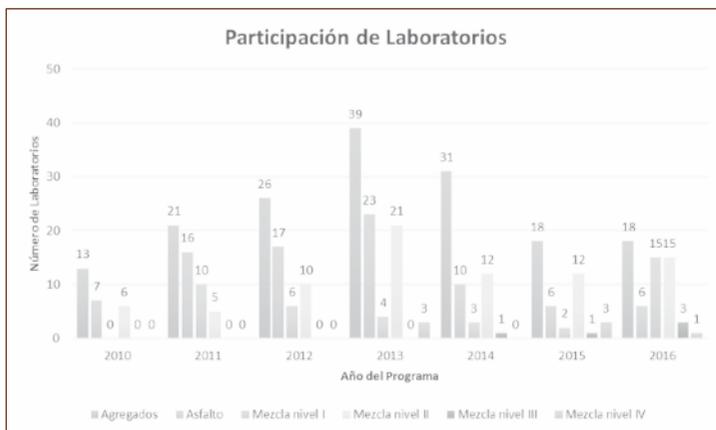


Figura 4. Evolución en la participación de los laboratorios del 2010 al 2015.

### Avances en la implantación del programa de reconocimiento AMAAC-IMT

Desde el inicio del programa en el 2010 hasta el actual en 2016, se ha presentado un crecimiento en la participación de los laboratorios encargados de los trabajos de diseño, control y supervisión de la construcción de pavimentos asfálticos. En la Figura 4, se puede observar la evolución en la participación en el programa.

En la Figura 5, se presenta la evolución de los laboratorios reconocidos desde la implementación del programa; así mismo se puede observar un aumento del número de laboratorios reconocidos a lo largo de los años.

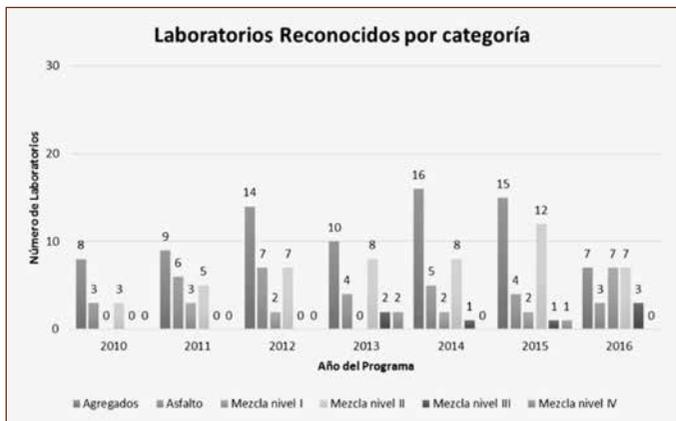


Figura 5. Evolución de los laboratorios reconocidos en el programa por categoría.

En las Figuras 6-9, se muestra la distribución de los laboratorios reconocidos por categoría: Agregados, Asfalto, Mezcla asfáltica Nivel I, II, Nivel III y IV respectivamente, vigentes al 2016. En ellas se pueden observar los estados del país donde existen laboratorios reconocidos.

El programa ha proporcionado a las dependencias de Gobierno herramientas para la selección de los laboratorios, ya que toda la información referente a ellos puede ser consultada en línea, de forma gratuita.



Figura 7. Distribución de laboratorios reconocidos. Categoría de asfalto, vigentes a 2016.



Figura 8. Distribución de laboratorios reconocidos. Categoría de mezcla asfáltica Nivel I, vigentes a 2016.



Figura 6. Distribución de laboratorios reconocidos. Categoría de agregados, vigentes a 2016.



Figura 9. Distribución de laboratorios reconocidos. Categoría de mezcla asfáltica Nivel II, vigentes a 2016.

**Tabla 2. Distribución de laboratorios reconocidos. Categoría de mezcla asfáltica Nivel III, vigentes a 2016**

Estado de la República Mexicana	Número de laboratorios reconocidos
Estado de México	1
Guanajuato	1
Puebla	1

**Tabla 3. Distribución de laboratorios reconocidos. Categoría de mezcla asfáltica Nivel IV, vigentes a 2016**

Estado de la República Mexicana	Número de laboratorios reconocidos
Puebla	1

## Logros generales

Con la implantación de Protocolo AMAAC de alto desempeño se obtuvieron diversos logros generales. Los cuales no solo son aplicables a esta metodología de diseño, sino también pueden ser utilizados para cualquier esquema de trabajo el cual involucre un proceso constructivo.

- Generar un esquema de trabajo confiable el cual puede ser utilizado por las dependencias de Gobierno,
- Base de datos de laboratorios reconocidos por zonas geográficas del país,
- Base de datos del personal técnico calificado para la realización tanto de ensayos de laboratorios como de diseño de mezclas asfálticas,
- Capacitación de personal técnico básico, intermedio y de alto nivel,
- Incremento del nivel técnico en el diseño, control y supervisión de pavimentos asfálticos en todo el país.

Un factor fundamental para obtener estos logros fue la *creación de grupos de trabajos involucrando*

*gobierno, instituciones educativas e iniciativa privada.* Lo anterior, permitió avanzar de manera acelerada en la adecuación e implementación de estos procesos.

## Conclusiones

La implantación de cualquier metodología de diseño significa un esfuerzo enorme, el cual solo puede llegar a buen fin si se tiene una planeación adecuada y con procesos definidos. Además del involucramiento de los diferentes actores implicados en el proceso. Lo que significa considerar desde el personal técnico de laboratorio que realiza los ensayos hasta los tomadores de decisiones a nivel gubernamental. Sin olvidar el involucramiento de la iniciativa privada e instituciones educativas.

Como en todo proceso de reconocimiento, es necesario definir de manera precisa la función que van a tener todos los actores del proceso y trabajar teniendo como base una metodología de diseño definida. Si alguna de estas condiciones faltara, sería mejor esperar antes del iniciar la implantación de una nueva metodología, porque no hay que olvidar que “Lo que mal empieza mal termina”.

## ¿Quieres profundizar?

- Diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño. Protocolo AMAAC PA-MA 01/2013.
- Diseño, fabricación y colocación de las diferentes capas de rodadura en caliente. Protocolo AMAAC PA-CR 04/2015.
- Susceptibilidad a la deformación permanente por rodadura de una mezcla asfáltica, por medio del analizador de pavimentos asfálticos (APA), Recomendación AMAAC RA 02/2011.
- Resistencia de las mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad, Recomendación AMAAC RA 04/2010.
- H. Delgado, Lo complejo del Módulo Complejo: aspectos experimentales. Revista Asfáltica, Vol 34, pp 42-46, 2013.



# Boletín técnico: Determinación de cantidades de asfalto

M.I. Eymard Ávila Vázquez  
SemMaterials México  
eavila@semgroupcorp.com

## Importancia del asfalto

Uno de los elementos principales para la elaboración o producción de mezcla asfáltica es el ligante asfáltico. Este producto es el aglutinante que permite que el agregado pétreo se mantenga unido y que bajo condiciones específicas como las características naturales de los materiales, proporciones, temperaturas de manejo, tipo y grado de compactación, entre otros, puedan obtenerse estructuras suficientemente resistentes a los tipos de esfuerzos a los que serán sometidas y para los cuales se diseñan.

La cantidad de asfalto que regularmente está presente en una mezcla asfáltica es de 5-7% (base peso de la mezcla) en la mayoría de los casos, sin embargo, existen otros casos particulares donde el porcentaje óptimo se encuentra por debajo o por encima de dicho rango, dependiendo de las características de los propios materiales.

El asfalto empleado en la construcción de carpetas puede ser del tipo convencional o modificado y su selección depende de las características mecánicas deseadas para un desempeño específico. La modificación del asfalto es recomendable cuando se pretende mejorar sus características con la finalidad de incrementar la capacidad de resistencia del pavimento.

El costo generado por este concepto es significativo ya que representa una participación muy importante dentro del presupuesto de obra proyectado.

## Cálculo de asfalto necesario

Para determinar la cantidad estimada de asfalto requerido para la construcción de una capa asfáltica es necesario poseer la información del volumen de mezcla a colocar, contenido de asfalto, así como la gravedad específica compacta esperada en el lugar.

El volumen puede determinarse de manera aproximada al dividir el área de pavimentación en figuras geométricas comunes como lo muestra la Figura 1.

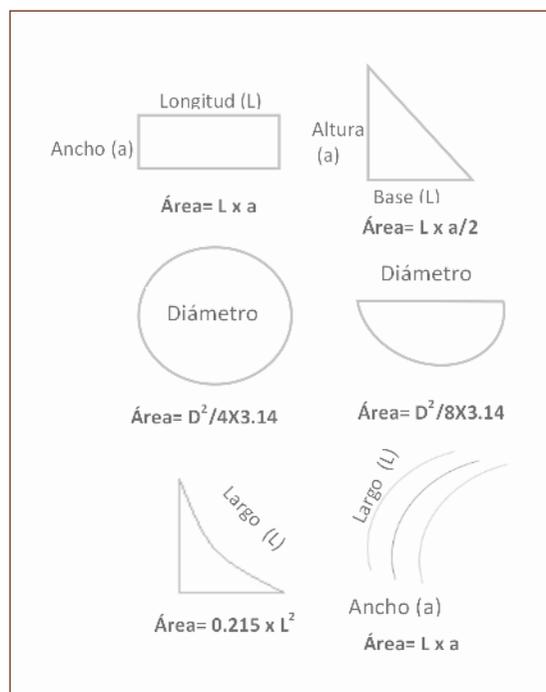


Figura 1. Cálculo de área de formas geométricas (Adaptado de "How to determine quantities" publicado por NAPA).

### Ejemplo 1:

Área de pavimentación = 9 662 m<sup>2</sup>  
Espesor de la capa compacta = 7 cm (0,07 m)  
Contenido de asfalto base peso de la mezcla = 6%  
Volumen a pavimentar = 9 662 x 0,07 = 676.3 m<sup>3</sup>  
Gravedad específica teórica máxima (Gmm) = 2 525  
% vacíos de aire deseados = 7% (93% Gmm)  
Gravedad específica compacta (Gmb) = 0,93 x 2 525 = 2 348  
Cantidad de mezcla asfáltica = 2 348 x 676.3 = 1 588 Ton  
Cantidad de asfalto necesario = 1 588 x 6% x 1 000 = 95,3 Ton

### Conceptos del cálculo

En el caso alterno, para conocer la cantidad empleada de asfalto en una mezcla producida en planta, puede determinarse en diferentes fases de la misma producción, basado en los parámetros que se describen a continuación:

### Peso Volumétrico Seco Suelto de los pétreos (PVSS<sub>comb</sub>)

Este valor se determina de acuerdo al procedimiento ASTM C29. Es importante considerar realizar el ensaye con la proporción de materiales seleccionada en el diseño para obtener un valor más realista. El cálculo teórico de acuerdo a valores individuales de PVSS y porcentajes de dosificación podría mostrar diferencias con el valor de materiales combinados.

### Contenido de asfalto con respecto a la mezcla (% CA<sub>CRM</sub>) o Contenido de asfalto con respecto al agregado (% CA<sub>CRA</sub>)

Los valores son determinados por las fórmulas:

$$\% CA_{CRM} = \frac{(\% CA_{CRA})}{(1 + \% CA_{CRA})}$$

$$\% CA_{CRA} = \frac{(\% CA_{CRM})}{(1 - \% CA_{CRM})}$$

### Ejemplo 2:

A una mezcla de planta se le realiza un lavado por centrifugado para determinar el contenido de asfalto presente en ella. Los resultados indicaron que:

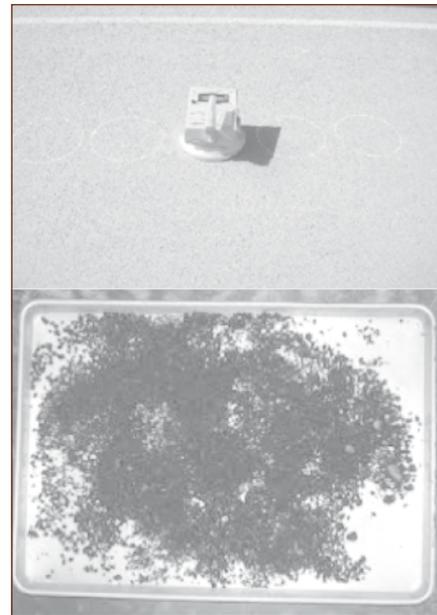
$$\% CA_{CRM} = 6,1\%$$

Calcular % CA<sub>CRA</sub>

$$\% CA_{CRA} = 6,1\% / (1 - 6,1\%) = 6,5\%$$

Calcular nuevamente % CA<sub>CRM</sub> a partir de % CA<sub>CRA</sub>

$$\% CA_{CRM} = 6,5\% / (1 + 6,5\%) = 6,1\%$$



### Cálculo de cantidad de asfalto consumido

#### Mezcla suelta:

Si se conocen los datos de los pesos volumétricos de los materiales pétreos, la cantidad de asfalto se determinará como:

Asfalto utilizado por m<sup>3</sup> mezcla suelta = PVSS<sub>comb</sub> x % CA<sub>CRA</sub>

### Ejemplo 3:

Se tienen los siguientes datos:

$$PVSS_{comb} = 1 458 \text{ kg/m}^3$$

$$\% CA_{CRA} = 6,5 \%$$

Asfalto utilizado = 1 458 x 6,5% = 94,8 kg/m<sup>3</sup> mezcla suelta

### Ejemplo 4:

Se tienen los siguientes datos:

Material	pvss, kg/m <sup>3</sup>	Proporción,%
Grava	1 420	30
Sello	1 465	20
Arena	1 514	50

$PVSS_{comb} = 1\,420 \times 30\% + 1\,465 \times 20\% + 1\,514 \times 50\%$   
 $= 1\,476 \text{ kg/m}^3$   
 $\% CA_{CRA} = 6,5 \%$   
 $\text{Asfalto utilizado} = 1\,476 \times 6,5\% = 95,9 \text{ kg/m}^3 \text{ mezcla}$   
 suelta

### Cálculo del asfalto consumido (etapa de diseño)

#### Mezcla compacta:

Desde la etapa de diseño es posible estimar la cantidad de asfalto a utilizar. Este valor podrá ser usado sólo como *referencia* ya que depende totalmente de la reproducción en obra de los datos obtenidos en laboratorio.

#### Ejemplo 5:

Se tienen los siguientes datos:  
 Gravedad específica máxima ( $G_{mm_{dis}}$ ) = 2,525  
 $\% CA_{CRA} = 6,5 \%$   
 $\% CA_{CRM} = 6,1 \%$   
 $\% \text{ vacíos de aire deseados} = 7\% (93\% G_{mm})$   
 $\text{Grado de compactación} (G_c) = 93\%$   
 $\text{Gravedad específica compacta} (G_{mb_{dis}}) = 0,93 \times 2,525 = 2,348$

#### Fórmulas:

Asfalto por m<sup>3</sup> mezcla compacta =

$$\frac{(G_{mm_{dis}}) (G_c) (\%CA_{CRA})}{(1 + \%CA_{CRA})}$$

Asfalto por m<sup>3</sup> mezcla compacta =

$$(G_{mm_{dis}}) (G_c) (\%CA_{CRM})$$

Asfalto por m<sup>3</sup> mezcla compacta =  $(G_{mb_{dis}}) (\%CA_{CRM})$

$\text{Cantidad de asfalto} = (2\,525 \times 93\% \times 6,5\%) / (1 + 6,5\%) \times 1\,000 = 143 \text{ kg/m}^3 \text{ mezcla compacta}$

$\text{Cantidad de asfalto} = (2\,525 \times 93\% \times 6,1\%) \times 1\,000 = 143 \text{ kg/m}^3 \text{ mezcla compacta}$

$\text{Cantidad de asfalto} = 2\,348 \times 6,1\% \times 1\,000 = 143 \text{ kg/m}^3 \text{ mezcla}$

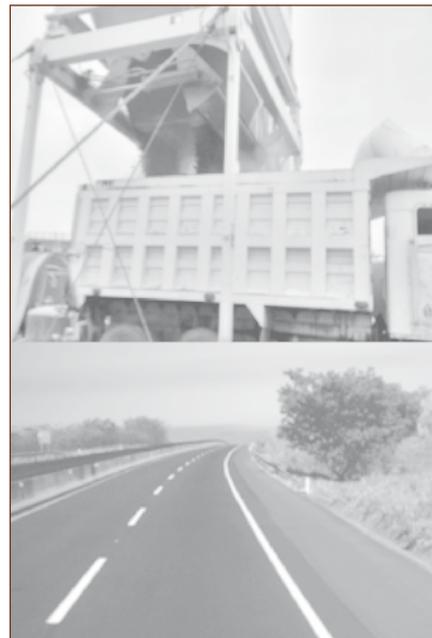
### Cálculo del asfalto consumido (etapa de construcción)

#### Mezcla compacta:

Los valores reales son los que corresponden a la información obtenida de la mezcla colocada en obra y que no necesariamente son iguales a los de diseño de referencia debido principalmente a las variaciones de granulometría de la mezcla, contenido de asfalto y densificación.

#### Ejemplo 6:

Gravedad específica máxima ( $G_{mm_{real}}$ ) = 2 533  
 Gravedad específica compacta ( $G_{mb_{real}}$ ) = 2 342  
 $\% \text{ vacíos de aire de la capa colocada} = 7,5\% (92,5\% G_{mm})$   
 $\text{Grado de compactación} (G_{C_{real}}) = 92,5\%$   
 $\% CA_{CRA} = 6,4 \%$   
 $\% CA_{CRM} = 6,0 \%$



#### Fórmulas:

Asfalto por m<sup>3</sup> mezcla compacta =

$$\frac{(G_{mm_{real}}) (G_{C_{real}}) (\%CA_{CRA})}{(1 + \%CA_{CRA})}$$

$$\text{Asfalto por m}^3 \text{ mezla compacta} = (G_{mm_{real}}) (G_{C_{real}}) (\%CA_{CRM})$$

$$\text{Asfalto por m}^3 \text{ mezcla compacta} = (G_{mb_{real}}) (\%CA_{CRM})$$

$$\text{Cantidad de asfalto} = (2\,533 \times 92,5\% \times 6,4\%) / (1+6,4\%) \times 1\,000 = 141 \text{ kg/m}^3 \text{ mezcla compactada}$$

$$\text{Cantidad de asfalto} = (2\,533 \times 92,5\% \times 6,0\%) \times 1\,000 = 141 \text{ kg/m}^3 \text{ mezcla compactada}$$

$$\text{Cantidad de asfalto} = 2\,342 \times 6,0\% \times 1\,000 = 141 \text{ kg/m}^3 \text{ mezcla compactada}$$

## Factor de abundamiento

### Mezcla suelta:

Si los datos conocidos de la mezcla son sólo el contenido de asfalto y el peso volumétrico seco suelto de la mezcla, la estimación de la cantidad de asfalto puede realizarse como:

### Ejemplo 7:

$$\text{PVSS de la mezcla (PVSS}_{mix}) = 1\,810 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso Volumétrico Máximo Compacto (PVSM)} = 2\,420 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Grado de compactación (Gc)} = 95\% \text{ Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM)}$$

$$\% CA_{CRA} = 6,5\% \text{ o } \% CA_{CRM} = 6,1\%$$

$$\text{Factor de abundamiento (F)} = \text{PVSM} \times Gc / \text{PVSS}_{mix} = 2\,420 \times 95\% / 1\,810 = 1.27$$

$$\text{Cantidad de asfalto} = \text{PVSS}_{mix} \times F \times \% CA_{CRM}$$

$$\text{Cantidad de asfalto} = 1\,810 \times 1,27 \times 6,1\% = 138 \text{ kg/m}^3 \text{ mezcla compactada.}$$

# Al alcance de tu mano...

# #EligeAsfalto

AMAACmx



AMAAC



# La campaña de las ventajas del asfalto (Asphalt Advantages) celebra su segundo aniversario

Eurobitume  
European Asphalt Pavement Association  
Noviembre 16, 2016

¿Se ha puesto a considerar todas las ventajas del asfalto? La campaña en línea de Asphalt Advantages (Ventajas del Asfalto) fue lanzada conjuntamente por Eurobitume y la European Asphalt Pavement Association (EAPA) en octubre del 2014 que celebra su segundo aniversario animando a sus seguidores a comprometerse. Después de haber logrado más participantes en más de 125 países y demostrar las razones por las cuales el asfalto es el material de primera elección para el mantenimiento de carreteras, Asphalt Advantages está animando a los colaboradores a adoptar un paquete de herramienta online y un video con instrucciones de manejo para crear sus propias sub-campañas.

El sitio web: [www.asphaltadvantages.com](http://www.asphaltadvantages.com) continuamente está creciendo, ofreciéndose como un punto central de una información veraz y fidedigna para un amplio sector de seguidores y que rápidamente sean reconocidos como una fuente importante para hacer conciencia de los muchos beneficios que ofrece el asfalto en la construcción y mantenimiento de carreteras. Para un manejo fácil la información está organizada en cuatro temas diferentes: Sustentabilidad, Comfort, Seguridad y de Economía.

A principios del 2016, el sitio web ofrecía la opción de leer cada ventaja específica en 4 idiomas: inglés, francés, alemán y turco. Esta nueva opción está ayudando a expandir el alcance de la campaña al llegar a nuevos destinatarios y mercados locales.

“Nos sentimos excepcionalmente orgullosos del éxito que ha tenido nuestra campaña hasta ahora”, comentó Carsten Karcher, director de EAPA. “El objetivo del sitio web ha sido promover los beneficios y valores del pavimento de asfalto a todos aquellos que lo usan, lo diseñan y están a cargo del mantenimiento de carreteras. La campaña ya ha experimentado el crecimiento exponencial esperado y estamos planeando una expansión para el futuro”

*Siguiendo con la creación de un sitio web multilingüe, el próximo “paso” es promoción*

## Ejemplos de ventajas relacionadas con la SEGURIDAD

- 05 Seguro para carreteras.
- 09 La mejor visibilidad en condiciones de lluvia.
- 31 Las carreteras asfaltadas son carreteras seguras.
- 33 Seguro con humedad.
- 36 Más seguro para los trabajadores de carreteras.



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



**EJECUCIÓN DE  
PROYECTOS**



**EMULSIONES**



**MEZCLAS  
ASFÁLTICAS**



**DISTRIBUCIÓN AC-20**  
(SOMOS DISTRIBUIDOR AUTORIZADO POR PEMEX)

### Ejemplos de ventajas relacionadas con la ECONOMÍA

- 03 El revestimiento de un pavimento de asfalto crea un camino suave, duradero, seguro y silencioso, y tan bueno como uno nuevo.
- 17 Los pavimentos de asfalto pueden construirse rápidamente, reduciendo los retrasos en el tránsito y los costos por este motivo, para los usuarios de la carretera.
- 37 Los pavimentos de asfalto son uno de nuestros mayores recursos renovables.
- 42 Los estudios han demostrado que los pavimentos de asfalto son la opción más económica.
- 47 El asfalto se puede construir en la noche, ahorrando a viajeros, costosos retrasos

Asimismo, un nuevo video educacional está disponible ahora en asphaltadvantages.com, titulado “Become an Asphalt Advantages Advocate” (“Conviértete en un partidario de las ventajas del asfalto”), este video instructivo ofrece paso a paso las recomendaciones para animar a los interesados de la industria del asfalto a involucrarse y apoyar la campaña promoviendo los beneficios del asfalto, fomentando debates y compartiendo información.

“El nuevo video está dirigido a animar a tantos interesados como sea posible para que se unan a la campaña y se conviertan en partidarios activos de Asphalt Advantages. Si podemos movilizar nuevos partidarios con las herramientas disponibles en el paquete de herramienta en línea entonces los mensajes clave importantes acerca de los beneficios del asfalto podrán compartirse con una audiencia mucho mayor. Los partidarios tendrán acceso a una riqueza de información de gran valor que proporcione ventajas generales, técnicas, saludables, de seguridad y ambientales”, agregó Siobhan McKelvey, presidente de Eurobitume. 

### Ejemplos de ventajas relacionadas con la SUSTENTABILIDAD

- 02 La mezcla asfáltica en caliente protege el medio ambiente, proporcionando capas impermeables para rellenos abandonados y depósitos de materiales peligrosos.
- 06 Los pavimentos de asfalto requieren un 20% menos de energía en la producción y construcción que otros pavimentos.
- 13 El asfalto es 100% reciclable.
- 15 Hasta el 100% de asfalto recuperado se reutiliza en asfalto de alta calidad.
- 16 Los pavimentos asfálticos con propiedades viscoelásticas intrínsecas pueden

reutilizarse varias veces al más alto nivel de rendimiento, incluso en las nuevas carreteras asfaltadas con el mismo nivel de rendimiento.

### Ejemplos de ventajas relacionadas con el CONFORT

- 01 La investigación en Europa muestra que el asfalto silencioso reduce el ruido de la autopista de 3 a 5 dB (A) y más.
- 04 El asfalto puede ser coloreado y texturizado, agradable para producir diseños y patrones atractivos.
- 07 ¿Alguna vez te has dado cuenta de que todas las pistas de carreras de Fórmula 1 están hechas de asfalto y me pregunto por qué?
- 10 Mejor visibilidad de las marcas en las carreteras asfaltadas.
- 11 El mantenimiento y conservación del pavimento asfáltico puede ser realizado de manera rápida y eficiente, cuando sea necesario.

# Cal hidratada: elemento clave para lograr mejores pavimentos asfálticos

ANFACAL  
www.anfacal.org

Más del 90% de las carreteras están pavimentadas con alguna superficie asfáltica, ya sea con concreto asfáltico en caliente o con tratamientos superficiales.

Uno de los componentes importantes que se usa con mucha frecuencia en las mezclas asfálticas en caliente, es la cal hidratada, que sirve para mejorar la adherencia, como mineral de relleno o “filler” y como agente modificador.

La cal, además de reducir la sensibilidad de la mezcla a la humedad, también acelera el endurecimiento inicial, contribuyendo de esta forma a evitar las roderas y a la larga disminuye la posibilidad de oxidación en el asfalto.

El uso de la cal hidratada contribuye a tener mejores asfaltos e incrementa su durabilidad.

La utilización de la cal hidratada en las mezclas asfálticas comenzó alrededor de los años treinta, con un proceso patentado llamado Warrenite (Bitulithic Pavement) y un proceso llamado Amasite; ambos tuvieron éxito pero con el tiempo, poco a poco fueron olvidándose.

Últimamente, en los Estados Unidos, se ha dado un resurgimiento del uso de la cal, sobretodo en tramos en donde se han observado formas de deterioro tales como el desmoronamiento (desintegración o desgranamiento), roderas o agrietamientos del asfalto, debido quizás a la pérdida de adhesión o adherencia con el material pétreo, que al penetrar el agua, causa la disgregación de los materiales.

En estos casos, la cal hidratada se ha convertido en un aditivo importante en la pavimentación con asfalto, ya que produce una unión permanente entre el agregado y asfalto.

Varios estados de la Unión Americana, como el estado de Georgia, utilizan la cal en sus proyectos de pavimentación asfáltica para sus carreteras. Georgia cuenta con más de 100 plantas de mezclas en caliente que van desde las más modernas con mezclado en tambor cilíndrico hasta las de tipo “bachas”; todas ellas han sido equipadas para añadirles cal. Otros estados que usan la cal son: Colorado, Montana, Nevada, Nuevo México, Oregon, Carolina del Sur, Utah, Texas, Virginia y Wyoming. La cal se especifica en casi todos los estados de la Unión Americana, como un aditivo mejorador de adherencia que minimiza los agrietamientos.

Según el reporte denominado “Moisture damage in asphalt concrete” (Daños por humedad en el concreto asfáltico): el método más efectivo para evitar este tipo de fallas es el empleo de 1% a 1,5% de cal con respecto al peso de la mezcla.

## Agregados

Existen varias teorías respecto a la adherencia del asfalto con el material pétreo. Una es la que relaciona las cargas eléctricas de la superficie de los materiales pétreos con las del asfalto. Esta teoría explica por qué la cal es tan efectiva (Agregado<sup>-</sup> + Cal<sup>++</sup>). El fenómeno del agrietamiento ocurre con los agregados ácidos o que contienen sílice, los cuales, conjuntamente con la grava, tienen cargas negativas, ya que los cementos asfálticos contienen componentes ácidos. La unión con los agregados es débil debido a que cargas iguales, negativas, se repelen; al ser la cal hidratada alcalina tiene iones positivos que contribuyen a la adherencia, ya que cargas opuestas se atraen.

Uno de los agregados más comunes que se usan en los pavimentos y que contienen sílice es el granito, que contiene más de un 50% de sílice o cuarzo. Otras rocas con sílice son: las areniscas, cuarcitas, riolitas, el basalto y la piedra caliza. La grava arcillosa (GC) es otro de los agregados que también se agrieta. Con este tipo de agregados, la cal reduce la plasticidad de la arcilla e incrementa la resistencia de la mezcla.

## Ventajas de agregar cal

Varias son las ventajas al agregar cal a las mezclas de pavimentos asfálticos:

1. Mejora su resistencia a la humedad (menos agrietamientos)
2. Aumenta su resistencia y estabilidad
3. Incrementa su resistencia inicial
4. Reduce a la larga la viscosidad y retarda la oxidación
5. Incrementa la ductilidad a baja temperatura
6. Incrementa el periodo de vida de los pavimentos

La primera ventaja, la resistencia a la humedad, se mide con la prueba de ebullición, en la cual se hierve la mezcla de asfalto caliente por 10 minutos; enseguida se enfría y se escurre. A la muestra se le compara visualmente con una tabla de rangos de color. A las mezclas que retienen menos del 70% de su color original, se les considera mezclas susceptibles a la humedad. Con esta mezcla de grava, el 1% de cal incrementó el asfalto retenido de un 10% a un 75%.

Con la mezcla de piedra caliza, la mejora fue de un 60% a un 80%.

La segunda ventaja que ofrece la cal se demuestra mediante la prueba Lottman modificada, que somete a tensión cada muestra. Un estudio realizado en los laboratorios del DOT de Georgia, en pruebas Lottman modificadas, se prepararon pastillas con agregados de granito, con cal y sin cal. Las pastillas se probaron en seco y saturadas; para esto, la mitad se colocaron en una cámara de saturación al vacío, en donde se disminuyó la presión durante un periodo de 30 minutos. Después de saturadas, se congelaron durante 15 horas y posteriormente se sumergieron en un baño de agua caliente a 60° C durante 24 horas. Pasado este periodo se dejaron enfriar durante 3 horas y se probaron en resistencia a la tensión mediante el aparato de Lottman. Después de los pasos anteriores, se compararon los valores obtenidos en las diferentes pastillas: las pastillas sin cal, saturadas, se rompieron a 115 kg, siendo un 25% mayor a las secas; en contraste, las pastillas tratadas con cal, se sometieron a las mismas pruebas, obteniéndose una resistencia mucho mayor a las de las pastillas sin cal, alcanzando la ruptura hasta los 600 kg. La resistencia de la muestra tratada con cal sí logró satisfacer los requerimientos del estado de Georgia.

En estas mismas pruebas de tensión Lottman también se pudo observar un ejemplo de la fuerza de adherencia entre la cal y el material pétreo. En la muestra con cal, el punto de falla se observó a través de múltiples partículas de granito, lo que indicó una gran adherencia; contrariamente, la muestra sin cal, la cual ocurrió alrededor de las partículas y no a través de ellas; esto es una evidencia de que la adherencia fue mucho menor.

El Departamento de Transporte (DOT) de California también realizó pruebas Lottman, donde se obtuvieron resultados similares. En las pastillas sin cal, se redujo la resistencia a la tensión en casi 200% después de haberlo sometido a todo el proceso de la prueba. La pérdida de resistencia a la tensión fue insignificante cuando se usó el 1% de cal.

En la prueba de Texas, de resistencia al congelamiento y descongelamiento, se colocaron comprimidos de mezclas asfálticas en un aparato de tensión sumergido en un recipiente con agua, por varios ciclos hasta que fallaron (prueba del pedestal). Los

comprimidos sin cal soportaron cinco ciclos antes de romperse y los tratados con cal resistieron más de 25 ciclos.

Además de las ventajas anteriores, la cal funciona como un mineral rellena-dor o “filler” en las mezclas asfálticas, aumentando la viscosidad del asfalto nuevo y haciéndola menos sensible a las altas temperaturas.

El módulo dinámico o dureza del asfalto, denominado Boscan, aumentó al ir incrementando las cantidades de cal hidratada. El endurecimiento de los pavimentos recién construidos permite que la mezcla no se deforme, evitando la formación de roderas al paso de los vehículos; es cierto que identificar la causa de la formación de roderas en un pavimento es complejo, tal como se indicó en un reporte del Centro Nacional de Tecnología para Asfaltos (A National Study of Rutting in Hot Mix Asphalt (HMA) Pavements: National Center for Asphalt Technology, NCAT). Entre las causas de la formación de roderas se mencionaron:

1. Diseño inadecuado de la mezcla,
2. Tipo de agregado,
3. Punto de reblandecimiento del asfalto y sensibilidad a la humedad.

La cuarta ventaja que se tiene al utilizar la cal en las mezclas asfálticas se refiere al envejecimiento prematuro del asfalto. Las pruebas han demostrado que la viscosidad y dureza de los asfaltos envejecidos son más bajas cuando se les trata con cal. Este hecho se comprueba mediante el método del envejecimiento acelerado, en el que en tres días se simula lo que le pasará al asfalto en 10 años de servicio. El índice de envejecimiento se obtiene dividiendo la viscosidad del asfalto envejecido  $V_a$  entre la de la viscosidad el asfalto original  $V_u$ . En los cuatro tipos de asfaltos probados (Boscan, WTx-Maya, California Coast, N. Slope-Maya), el índice de envejecimiento se redujo al agregar el 20% de cal, equivalente al 1% en peso de la mezcla asfáltica. El asfalto tipo Boscan bajó de 200 a 25 su índice de envejecimiento. El WTx-Maya bajó de 340 a 50 y aún el North Slope-Maya bajó de 90 a 30. Debido a esta reducción tan fuerte en el índice de envejecimiento, los pavimentos tratados con cal tienen mejores propiedades de flujo, tal y como se demuestra en la prueba de ductilidad a baja temperatura; los asfaltos sin cal se volvieron frágiles y quebradizos, teniendo de 5% a 10% de elongación, en cambio, tres de los tratados con cal resistieron hasta el 15% de elongación, sin sufrir ninguna fractura, y el cuarto llegó cerca del 15%.

Por otra parte, con las muestras tomadas en campo para ilustrar cómo la cal hidratada incrementa la durabilidad de los pavimentos asfálticos se valoraron en pastillas de diferentes pavimentos de asfalto para analizar su durabilidad, en el estado de Georgia (análisis del % de desprendimientos), donde el 80% no presentó fallas después de ocho años de servicio constante, reportando también que a los siete años, la resistencia a la tensión, de los corazones tomados del camino, pasaba de 95 kg/cm<sup>2</sup> (120 psi), representando un incremento del 33% con respecto a resultados obtenidos después de 6 meses de uso. Finalmente, un estudio de campo del estado de Utah, mostró que a los 8 años de servicio, la viscosidad y dureza del asfalto de un tramo tratado con cal, era del 50% menor que el tramo sin cal. Estas tres conclusiones ilustran claramente que la cal hidratada incrementa la durabilidad, evitando la disgregación de los materiales, mejorando la resistencia a la tensión y retardando la oxidación del asfalto.

## ¿Cómo se usa la cal?

En la producción de las mezclas asfálticas en caliente, la cal hidratada se añade de varias formas: el procedimiento es bastante simple, requiriendo de un mínimo de equipo especial para el almacenamiento, alimentación y mezclado. Se pueden adaptar fácilmente las plantas por bachas o las más modernas con tambor cilíndrico para obtener una mezcla en caliente de alta calidad. La cal hidratada es la que normalmente se usa en las mezclas asfálticas en caliente; también se puede utilizar una suspensión tipo lechada a base de cal, sin embargo, esto incrementaría el costo de secado y bajaría la eficiencia de producción.

Nunca se debe recomendar el uso de la cal viva, a menos que esta se convierta a lechada de cal y sea tratada en tanques especiales.

La cal se puede entregar en camiones que lleven sacos de 25 kg de cal hidratada, en super sacos de 1,0 ton o se puede entregar a granel, en camiones tolva; después, se bombea a través de una manguera flexible hacia un silo vertical; para almacenar cantidades extras se pueden utilizar grandes tanques horizontales llamados “goupies”. Si se instala un silo, este debe ser lo suficientemente grande como para almacenar de 1,5 a 2 camiones de cal, aproximadamente de 35 a 50 ton.

Como la cal hidratada tiene un peso volumétrico de 400 a 500 kg/m<sup>3</sup>, la capacidad del silo deberá ser por lo menos de 85 m<sup>3</sup>, con un cono a 60° de inclinación, para facilitar el flujo de la cal durante el proceso de producción de la mezcla.

Los dosificadores que se utilizan para alimentar la cal hidratada pueden ser de dos tipos: volumétricos o gravimétricos. El dosificador se encuentra generalmente localizado debajo del silo. En los dosificadores volumétricos se pueden calibrar el número de revoluciones para controlar la cantidad de cal que se requiere. Los dosificadores gravimétricos controlan la cantidad de cal pesándola por medio de un contrapeso que se encuentra suspendido debajo del silo.

En las plantas mezcladoras de bachas, la cal se pesa por separado y luego se eleva a una pequeña tolva que se ubica arriba de la mezcladora y se dosifica por peso. Ese tipo de mezcladoras, de bachas, utiliza controles electrónicos para asegurar su correcta alimentación. En esta planta mezcladora

de tambor cilíndrico se utiliza un dosificador gravimétrico similar; el dosificador opera de manera continua, alimentando un flujo uniforme de cal a la mezcladora; el operador de la planta opera los controles electrónicos que están conectados a la alimentación del agregado pétreo, asegurando que las cantidades adicionadas sean las correctas. Generalmente se utiliza un transportador de tipo helicoidal para transportar la cal a una banda cubierta en donde se mezcla con el agregado en frío. La banda está cubierta para evitar el polvo de la cal y de los agregados. En algunas plantas, la cal se transporta neumáticamente a la tolva dosificadora y de ahí se descarga por gravedad a un cajón de mezclado o dentro del cilindro mezclador.

En el caso de las plantas de tambor cilíndrico, algunas veces, la cal se bombea directamente al interior de éste, donde se mezcla con el agregado caliente poco antes de incorporar el asfalto.

El proceso de mezclar el agregado con la cal es clave para producir una mezcla asfáltica de alta calidad, obteniéndose esto de varias formas. En una planta de bachas en el estado de Virginia, se adaptaron una serie de aradores a la banda dosificadora que llevan la cal con el agregado húmedo antes de pasarlo a la secadora. Los aradores deben ser de un material resistente, para no tener que cambiarlos con frecuencia.

En las plantas de Texas, la cal y el agregado húmedo se mezclan primero en una banda y luego pasan a un molino de caja doble, que se encuentra ubicado delante del mezclador cilíndrico. Los molinos mezcladores se usan muy comúnmente para mezclar la cal en frío.

En una planta de Nevada, el transportador alimenta de cal a un molino helicoidal pequeño, montado en la terminal de la banda transportadora de alimentación en frío.

En otra planta, en el estado de Wyoming, se cuenta con un pequeño molino mezclador colocado en la polea principal de la banda transportadora en frío; la cal y el agregado húmedo se transportan por medio de un transportador helicoidal hacia la tolva; la mezcla pasa posteriormente al tambor cilíndrico.

En una planta en Nevada, se utiliza un molino gemelo más grande, localizado delante del tambor cilíndrico. Una planta de Idaho tiene molino gemelo para tratar con cal la grava arcillosa. Después de

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



# Congreso Mexicano del Asfalto

Nuestra prioridad:

Preservar los pavimentos asfálticos

23 - 25 de agosto **Cancún 2017**

## Seminario Internacional 21 - 22 de agosto



mezclada, la grava con la cal se almacena por dos días antes de ser alimentada al tambor cilíndrico. La cal reduce la plasticidad del agregado arcilloso y permite que el material quede dentro de especificaciones.

En Georgia se usan frecuentemente mezcladoras de tambores cilíndricos para mezclar directamente la cal con el agregado caliente y la emulsión asfáltica. Se coloca un tubo alimentador de la cal que va de la terminal de descarga hasta la parte media. La cal cae de la terminal y se mezcla con el agregado caliente; el asfalto caliente ya se ha incorporado previamente, antes de esta etapa. En el tambor, el paso de la cal ha sido reducido para que esta caiga cerca del cilindro de secado, en donde se mezcla con el agregado caliente, minimizando de esta forma la emisión de polvos en la corriente de aire.

## Pavimentos reciclados

Otro uso de la cal es en trabajos de reciclado. En Wyoming se combinó el material recuperado de un pavimento asfáltico en malas condiciones con un agregado nuevo, en una proporción de 50% a 50% y con el 1,0% de cal. La mezcla se hizo en una planta de tambor cilíndrico y el material nuevo se mezcló con la cal previamente en un molino; posteriormente se llevó este material a la terminal del quemador. Al material reciclado y a la cal se les mezcló simultáneamente en otro molino y se les llevó a la parte media de éste. La nueva mezcla sirvió para la construcción de un pavimento nuevo, reduciéndose notablemente los costos.

Ya que sólo se emplea del 1% al 1,5% de cal con respecto a la mezcla de asfalto, es decir, entre 9 y 13 kg/ton, el costo de la cal, más el costo del equipo, operación y mantenimiento del mismo, es solamente US\$1,25 a US\$1.75 por tonelada de mezcla; este costo es relativamente pequeño, considerando que la cal garantiza una mayor durabilidad del pavimento.

El uso de las mezclas en caliente en la construcción de caminos nuevos y en la rehabilitación de los ya existentes es una práctica de la ingeniería muy bien reconocida en los Estados Unidos.

Los factores de fatiga para los caminos son: clima, humedad y mayor tránsito, por lo que se requieren, hoy en día, pavimentos de calidad superior. El empleo de la cal hidratada es una forma económica de proporcionar las características que se necesitan para contrarrestar estos factores adversos.

Como ya se vio, existen varios beneficios al utilizar la cal hidratada en los pavimentos asfálticos; el principal es que evita su disgregación, especialmente cuando se utiliza en materiales con sílice o arcillosos.

## Conclusiones

La cal es un agente aglutinante que proporciona mayor resistencia a las mezclas asfálticas y les reduce la oxidación prematura (envejecimiento).

La cal también hace una función de relleno o filler, el cual aumenta la resistencia de la mezcla en la etapa inicial de vida, evitando las roderas. Por último, en los pavimentos envejecidos, la cal reduce el endurecimiento por oxidación del asfalto, evitando su destrucción prematura. Todos estos beneficios dan como resultado pavimentos asfálticos más durables a costos más bajos.

La cal hidratada es un elemento clave para lograr mejores pavimentos. 

# Plantas de asfalto con tambor a contraflujo

Juan Carlos Castro  
TRIASO  
carlos@triaso.com.mx

Se le llama tambor de contraflujo debido a que el agregado entra al tambor en el extremo opuesto de donde se encuentra la flama del quemador, los gases de combustión generados por la flama avanzan dentro del tambor en sentido opuesto a los agregados pétreos por lo que siempre existe un gradiente térmico muy grande entre gases de combustión y los agregados pétreos, ese gradiente térmico tan grande ocasiona un intercambio de calor muy rápido, por lo que con muy poco combustible se puede llegar a altas temperaturas en el agregado. Además, con éste tipo de plantas se puede usar hasta el 50% de RAP con una humedad del 5%.

La Figura 1 nos muestra gráficamente, cómo se transfiere el calor dentro del tambor de contraflujo. Para lograr calentar el agregado pétreo a una temperatura de entre 150-170 °C, los gases de escape saldrán a una temperatura no mayor a 115 °C, lo que nos demuestra la eficiencia de la transferencia de calor. Nótese que la mezcla asfáltica no se expone a los gases de combustión, que se encuentran a muy alta temperatura, lo que reduce la oxidación de la mezcla. El mezclado de los agregados con el asfalto se puede realizar en el mismo tambor o en un pugmill exterior al tambor.

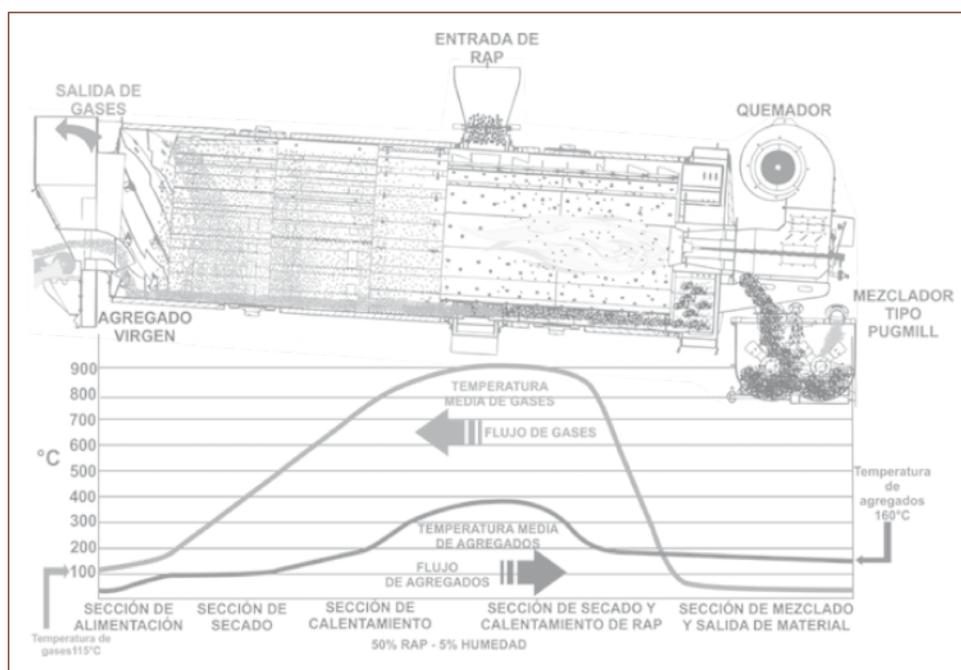


Figura 1. Gráfica de comportamiento térmico de una planta de contraflujo.

Gracias a la alta eficiencia de intercambio de calor entre los gases calientes y los agregados pétreos, el consumo de combustible es mucho menor en estas plantas de contraflujo, donde el consumo puede oscilar entre 8-9 litros/m<sup>3</sup> mientras que en las plantas de flujo paralelo se tiene un consumo de entre 13-15 litros/m<sup>3</sup>. Esto también se ve reflejado en la alta temperatura (170-220 °C) de los gases de escape de las tambores de flujo paralelo, que significa desperdicio de calor, como se muestra gráficamente en la Figura 2.

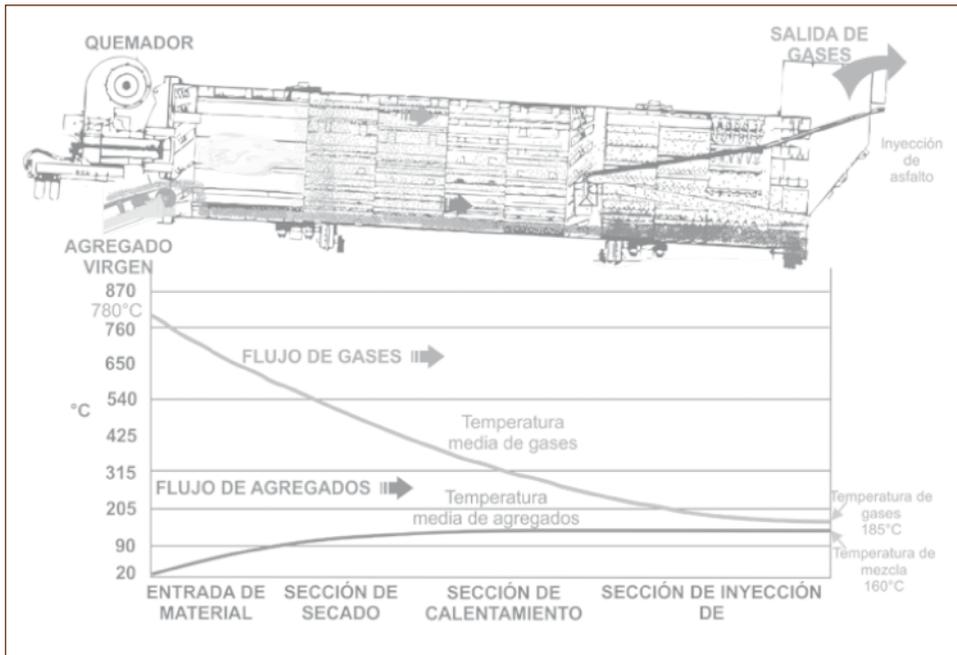


Figura 2. Gráfica de comportamiento térmico de una planta de flujo paralelo.

Nótese que en los tambores de Flujo Paralelo los gases de escape calientes pasan por la zona de inyección de asfalto y mezclado, esto tiene una sola “ventaja” y varias “desventajas”, que se exponen a continuación:

**Ventaja:** La mezcla asfáltica en el momento de pasar por la zona de inyección de asfalto y mezclado atrapa muchos de los finos que arrastra la corriente de aire sobre todo partículas arriba de la malla 200.

**Desventaja:** Casi todos los finos debajo de la malla 200 son arrastrados por la corriente de gases calientes de escape. Debido a esto, es necesario agregar “fillers” a la mezcla, pero si queremos tener una mezcla asfáltica de calidad es necesario tener el control total en la dosificación de estos fillers. Todas las partículas que son arrastradas por los gases de escape son contaminantes, ya sea que se atrapen en una lavadora de polvos o se liberen a la atmósfera.

**Desventaja:** El aire caliente, al pasar por la sección de inyección de asfalto y mezclado, oxida fuertemente la mezcla asfáltica. Cuando el asfalto se oxida se endurece. Esta oxidación es una de las principales causas de deterioro de un pavimento

asfáltico. El asfalto se oxida a cualquier temperatura, pero mientras más caliente se oxida más rápido, la tasa de oxidación se duplica por cada 14 °C de incremento por encima de los 93 °C. Por ejemplo, la oxidación es el doble a 149 °C que a 135 °C, la oxidación es cuatro veces mayor a 163 °C que a 135 °C, etc. Por lo anterior, con una planta de flujo paralelo, cuando se coloca la mezcla asfáltica “nueva”, ésta ya está envejecida varios años, por lo que el pavimento va a durar muy poco tiempo.

**Desventaja:** Existen tambores de flujo paralelo muy antiguos con cuello para introducir RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). Los gases calientes al pasar por el RAP desprenden sus aceites ligeros, lo que genera el llamado “humo azul”, que es altamente contaminante. Cuando se le acopla una casa de bolsas a un tambor de flujo paralelo con entrada de RAP, este “humo azul” va tapando las bolsas, y puede ocasionar que se éstas se incendien.

En las plantas de flujo paralelo también se puede mezclar fuera del tambor, en un pug-mill, lo que evita mucho la oxidación de la mezcla. Si se usa pug-mill, se puede manejar RAP hasta un 15% con el 3% de humedad, en éste caso el tambor mezclador, se convierte en tambor secador.

El problema en estos tambores secadores, de flujo paralelo y de contraflujo, es que los gases de escape arrastran muchos finos. Los finos son una parte muy importante de la mezcla asfáltica, por lo que hay que separarlos de los gases de escape y retornarlos a la mezcla.



Figura 3. Carpeta con problemas de segregación.



Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

¡Publicaciones Técnicas 2016!

Consulta nuestro catálogo en  
[amaac.org.mx](http://amaac.org.mx)



[eventos@amaac.org.mx](mailto:eventos@amaac.org.mx)

El sistema más eficiente para atrapar los finos de los gases de escape son las casas de bolsas. Véase la siguiente Figura:

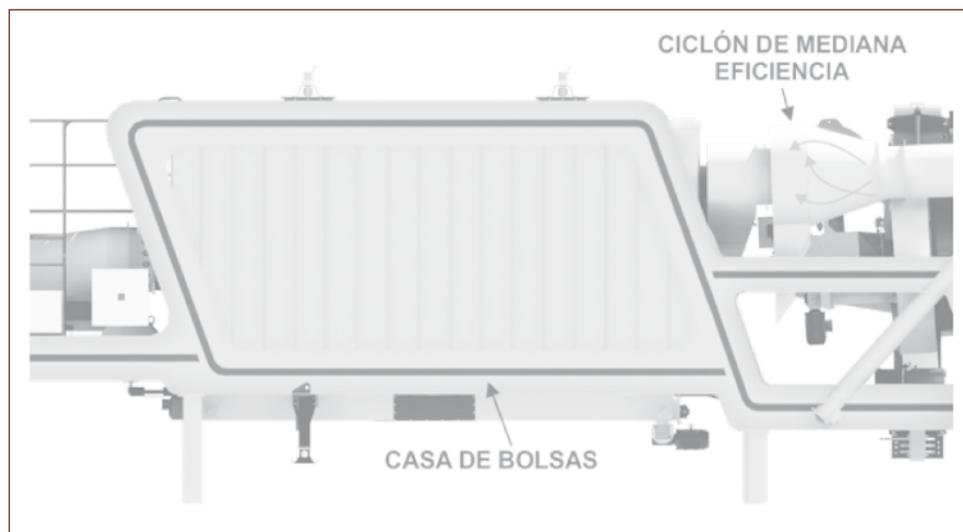


Figura 4. Casas de bolsas.

En los tambores de flujo paralelo, las casas de bolsas deben de equiparse con bolsas que soporten muy altas temperaturas, como las hechas con P84 (poliamida), debido a que los gases de escape salen muy calientes, estas bolsas son muy caras.

En cambio, en los tambores de contraflujo se colocan bolsas para temperatura media como las hechas con Nomex. En este tipo de tambores debemos elevar la temperatura de los gases de escape para que entren a la casa de bolsas a más de 100 °C y así evitar la condensación del agua.

Las bolsas de P84 (poliamida) son 2.7 veces más caras que las de Nomex.

La casa de bolsas es la solución a muchos problemas, pero es un tema tan extenso que lo vamos a dejar para después. ☹

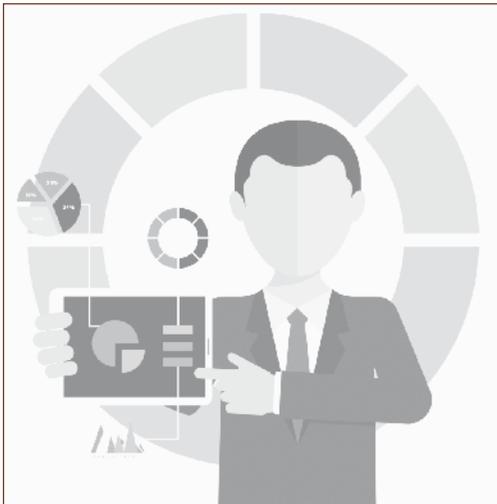
¿Tienes  
algún artículo  
sobre asfalto?

Compártelo con nuestra  
comunidad especializada

a través de **ASFÁLTICA**  
REVISTA TÉCNICA

# Reingeniería para ser más competitivos

Mtro. Jorge Ernesto Michaus Gutiérrez  
Revista AH



## Introducción

No podemos negar los cambios en la manera de hacer negocios que están gestándose en el mundo, las empresas están viviendo la transición entre la economía industrial y la economía de la información. La globalización ha causado el aumento de la competencia, y cada vez más los clientes tienen mayor información a su alcance, por lo que incrementan sus opciones.

Las empresas que no realicen cambios fundamentales en sus conceptos y en su estructura, que les permitan ser más flexibles y las reorienten hacia la satisfacción del cliente están condenadas a la desaparición.

Las compañías ya han comprendido que la competencia cada vez mayor será el tema dominante en el mundo de los negocios. En respuesta a las presiones crecientes, muchas empresas han tratado de reducir sus costos para mantener su producto o el nivel de sus servicios en una medida competitiva, pero en general, estos esfuerzos se han limitado a reducciones de personal y maniobras financieras con metas a corto plazo.

Estas soluciones reducen las presiones momentáneas, pero no producen cambios significativos en la empresa que la hagan más competitiva, por lo que terminan perdiendo mercado, reduciendo utilidades y en ocasiones desaparecen.

La presión para cambiar es real, se reconoce y se está tomando muy seriamente; sin embargo, en México la respuesta ha sido limitada y no muy eficaz, ya que lo más importante, la planeación a largo plazo como respuesta al aumento en la competencia, no es muy evidente.

Algunas compañías progresistas han visto que su respuesta al desafío de la competencia debe ir más allá de la reducción de los presupuestos. Han entendido que los cambios deben ser eficientes y que no solo deben disminuir los costos sino mejorar la calidad. Al seleccionar productos o servicios específicos han revisado sus estructuras en diferentes direcciones para mejorar sus posiciones competitivas. Han cuestionado la forma de organización tradicional de funciones y han dado real importancia a los procesos.

La reingeniería se fundamenta en la premisa de que no son los productos sino los procesos que los crean los que a la larga llevan a las empresas al éxito. Los buenos productos no hacen ganadores; los ganadores hacen buenos productos. Lo que deben hacer las compañías es organizarse en torno a los procesos.

Para que las empresas vuelvan a ser competitivas deben revisar la manera en que realizan su trabajo, muchos de los problemas de rendimiento que experimentan son consecuencia de la fragmentación de los procesos que realizan, lo que origina:

- Inflexibilidad
- Falta de enfoque al cliente
- Obsesión por la actividad antes que por el resultado
- Parálisis burocrática
- Falta de innovación
- Altos costes indirectos

Todos estos problemas han existido siempre, pero antes lo único necesario era administrar cómo se realizaba el crecimiento de la empresa, ahora este crecimiento se ha nivelado, por lo que todos los factores mencionados anteriormente tienen un papel fundamental. Por eso surge el concepto de reingeniería como una metodología de enfoque para enfrentarse con este nuevo entorno.

## ¿Qué es la reingeniería?

Según Hammer y Champy: “reingeniería es la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, como costes, calidad, servicio y rapidez”.

Esta definición destaca cuatro conceptos clave:

- 1) Revisión fundamental. La reingeniería determina, primero, qué debe hacer una compañía y luego cómo debe hacerlo. No da nada por sentado. Se olvida por completo de lo que es y se concentra en lo que debe ser.
- 2) Rediseño radical. Al hablar de reingeniería, rediseñar radicalmente significa descartar todas las estructuras y procedimientos existentes e inventar maneras enteramente nuevas (o basadas en las mejores prácticas) de realizar el trabajo rediseñar es reinventar el negocio, no mejorarlo o modificarlo.
- 3) Procesos. Son los pasos que se realizan en forma secuencial para elaborar productos o servicios (outputs) a partir de determinadas entradas

o inputs. En una empresa tienen lugar dos tipos diferentes de procesos:

- i) Los procesos de negocio, que son un conjunto de actividades que reciben una o más entradas y crea un producto de valor para el cliente, por ejemplo, las ventas: de comprador potencial a pedido.
  - ii) Los procesos de soporte, que son una serie de actividades que soportan a los procesos de negocio o a una función, por ejemplo, la contabilidad.
- 4) Mejoras espectaculares. La reingeniería no es cuestión de mejoras marginales o incrementales, sino dar saltos gigantescos en el rendimiento. En este sentido, hay tres tipos de organizaciones que se dedican a acometer la reingeniería:
- i) Las que se encuentran en grandes dificultades y no tienen otro remedio.
  - ii) Las que todavía no están en dificultades, pero cuya administración tiene la previsión de que se avecinan problemas.
  - iii) Las que están en óptimas condiciones y quieren seguir igual.

## Conocimiento fundamental de las tres “C”

Para realizar con éxito la reingeniería es necesario conocer tres factores fundamentales con los que tiene que ver la empresa: clientes, competencia y cambio.

No son factores nuevos, pero las características que los definen ahora son distintas a las del pasado.

### Clientes

Los clientes asumen el mando, ya no tiene vigencia el concepto del cliente, ahora es este cliente, debido a que el mercado masivo está dividido en segmentos, algunos tan pequeños como un solo cliente. Los clientes ya no se conforman con lo que encuentran, actualmente tienen múltiples opciones para satisfacer sus necesidades.

Esto es igualmente aplicable en la relación cliente-proveedor entre las propias empresas, y los reclamos muchas veces se expresan en: “O lo hace usted como yo quiero o lo hago yo mismo”.

Los clientes se han colocado en posición ventajosa, en parte por el acceso a mayor información. Para las

empresas que crecieron con la mentalidad de mercado masivo, la realidad acerca de los clientes en cuanto a que cada uno cuenta es más difícil de aceptar. Si se pierde un cliente hoy, no hay otro para reemplazarlo.

## Competencia

Antes era sencilla, la compañía que lograba salir al mercado con un producto o servicio aceptable y al mejor precio realizaba una venta, ahora hay mucho más competencia y de clases muy distintas.

La globalización trae consigo la caída de las barreras comerciales y ninguna compañía tiene su territorio protegido de la competencia extranjera. Empresas americanas, japonesas y europeas tienen experiencia en mercados fuertemente competitivos y están muy ansiosas de ganar una porción de nuestro mercado. Ser grande ya no es ser invulnerable, y todas las compañías existentes deben tener la agudeza para descubrir las nuevas compañías del mercado, las cuales no siguen las reglas conocidas y hacen nuevas para manejar sus negocios.

## Cambio

El cambio se vuelve una constante y su naturaleza también es diferente. La rapidez del cambio tecnológico también promueve la innovación. Los ciclos de vida de los productos han pasado de años a meses. Ha disminuido el tiempo disponible para desarrollar nuevos productos e introducirlos. Hoy las empresas tienen que moverse más rápidamente, o pronto quedarán totalmente paralizadas.



Los ejecutivos creen que sus compañías están equipadas con radares eficientes para detectar el cambio, pero la mayor parte de ellas no lo está, lo que detectan son los cambios que ellas mismas esperan. Los cambios que pueden hacer fracasar a una compañía son los que ocurren fuera de sus expectativas.

## Necesidad del cambio organizacional

La reingeniería busca, entre otras cosas, el cambio organizacional de la empresa, de su estructura por funciones, a una nueva basada en los procesos integrados y alineados a los objetivos de la entidad.

Tradicionalmente, las empresas se han organizado formalmente en funciones, y por esa razón sus procesos han sido muy fragmentados.

Un proceso, por lo general, atraviesa por diferentes áreas funcionales de la estructura organizacional de una empresa, y casi siempre los participantes de este tipo de procesos dan prioridad al cumplimiento de sus “funciones”, y otorgan menor importancia a la eficiencia con que cumplen su rol dentro del proceso en el cual participan.

Esta forma de organización por funciones es la causa de actividades y tareas lentas y burocráticas, por lo que muy a menudo se duplican tareas, e inclusive actividades, en otras ocasiones, se pierde el control y se llevan a cabo conflictos de intereses, y casi siempre se bloquean acciones o suceden conflictos entre las áreas, porque sus objetivos departamentales no coinciden entre sí al no estar alineados a los objetivos organizacionales.

En la administración tradicional muchas de las tareas que realizan los empleados nada tienen que ver con satisfacer las necesidades de los clientes. Muchas de esas tareas se ejecutan para satisfacer exigencias internas de la propia organización de la empresa. En la reingeniería todas las áreas, ya sean de procesos de negocio o de soporte, tienen como fin último la satisfacción del cliente.

Ya no funcionan conceptos y prácticas en los cuales no se tomaba en cuenta al cliente, como cuando se establecen los precios basándose en la estructura de costos de la empresa, y no por la cantidad que están dispuestos a pagar por él.

Los clientes, ahora más que nunca, ponen las reglas del juego y no la empresa, por eso los procesos

de la empresa deben estar dirigidos hacia las necesidades de ellos, proporcionando siempre un valor agregado.

No se piense que la empresa, al orientar sus procesos hacia el cliente, se está olvidando de las utilidades, por el contrario, esto es con el fin de ser más competitivos, ya que le cliente buscará los productos que le ofrezcan más por menos, es decir, el mayor y mejor producto o servicio al menor precio, y la empresa que orienta sus procesos hacia el cliente tienen una mayor probabilidad de lograrlo. Y, por lo tanto, incrementar sus ventas, con este incremento a su vez reducirá en proporción los costos (dependiendo de la participación de los gastos fijos en el total), haciendo que aumenten las utilidades.

El cambio estructural de la empresa de funciones a procesos y orientar dichos procesos hacia el cliente, no son las únicas variaciones que sufrirá la entidad, ya que estas implican un cambio más profundo, desde una nueva distribución física, cambio en la estructura de edificios y equipo, nuevos sistemas informáticos y de comunicaciones, hasta la redefinición de los roles y puestos basados en las nuevas tareas y su participación en los procesos.

La reingeniería es prácticamente empezar de cero y reinventar la empresa. Llevarla a cabo es un gran esfuerzo de cambio que requiere tiempo, dinero, creatividad y, fundamentalmente, vencer la resistencia al cambio, pero sus beneficios son invaluable, como se menciona a continuación.

## Cómo es la empresa después de aplicar con éxito la reingeniería

Las características más sobresalientes de las empresas a las que se les ha aplicado la reingeniería con éxito son las siguientes:

- La empresa, en sus procesos integrados, elimina pases laterales, lo que significa acabar con errores, demoras y repeticiones. Asimismo, reduce costos indirectos de administración dado que los empleados encargados del proceso asumen la responsabilidad de ver que los requisitos del cliente se satisfagan a tiempo y sin defectos.
- Desaparece el trabajo en serie, es decir, muchos oficios o tareas que antes eran distintos se integran y comprimen en uno solo.

- Mejor control, pues los procesos integrados necesitan menos personas, se facilita la asignación de responsabilidades y el seguimiento del desempeño. En lugar de verificar estrictamente el trabajo a medida que se realiza, se tienen controles globales o diferidos. Además, los procesos rediseñados hacen uso de controles solamente hasta donde se justifican económicamente.
- En lugar de separar la toma de decisiones del trabajo real, esta se convierte en parte del trabajo. Ello implica convertir verticalmente la organización, de manera que los trabajadores ya no tengan que acudir al nivel jerárquico superior y tomen sus propias decisiones.
- Entre los beneficios de comprimir el trabajo, tanto vertical como horizontalmente, se encuentran, menos demoras, costos directos más bajos, mejor reacción de la clientela y más facultades para los trabajadores.
- El trabajo se divide en función de lo que realmente es necesario hacer antes o después.
- Disminuyen los puntos de contacto externo que tiene un proceso, y con ello se reducen las posibilidades de que se reciba información incompatible que requiere de conciliación.

## Conclusión

En el nuevo contexto de la competencia globalizada es indispensable que las empresas miren hacia fuera para conocer a sus clientes y saber qué están haciendo sus competidores y, al mismo tiempo, voltear hacia adentro para evaluar la forma en que operan, para rediseñar la empresa fundamentándose en un cambio organizacional orientado hacia el cliente, e identificando los procesos de negocio y de soporte que ocurren en la entidad, para integrarlos y alinearlos a los objetivos de la empresa. La importancia de la reingeniería en esto es evidente, y se requiere que las empresas lo tomen en cuenta. 

## ¿Quieres profundizar?

- Hammer, Michel, y Champy, James, Reingeniería, 1a. ed., Grupo Editorial Norma, Colombia, 1994.
- Lowenthal, Jeffrey N., Reingeniería de la Organización, 1a. ed.

## DISTRIBUIDOR NACIONAL PLANTAS DE ASFALTO DE CONTRA FLUJO



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

**VENTA • RENTA • SERVICIOS • REFACCIONES**

**Contamos con 14 sucursales en la República Mexicana**

[ameco.com.mx](http://ameco.com.mx)

**Tel: (55) 8503 3500**

**01 800 11 AMECO 26326**

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



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

Tel: 01(33) 3684-0505

[asfaltos@quimicaboss.com.mx](mailto:asfaltos@quimicaboss.com.mx)

**POLÍMEROS MODIFICADORES DE ASFALTO**

TERPOLÍMERO DE ETILENO  
Lotader AX - 8900  
Asfalto Modificado

BUTONAL NX-4190  
BUTONAL NX-1129

APLICACIÓN  
EMULSIÓN  
Modificada y mezcla en caliente

Polímero SBR.

**¡Una solución  
Confiable!**

**CIT-AMAAC**  
Centro de Innovación Tecnológica

**IMT** INSTITUTO  
MEXICANO DEL  
TRANSPORTE

## Diplomado

Tecnologías avanzadas  
en pavimentos asfálticos

**Inicia: febrero 3 de 2017**

144 horas divididas en 12 sesiones presenciales.

Viernes de 9:00 a 18:00 h.

Sábados de 9:00 a 13:00 h.

**¡Inscríbete!**

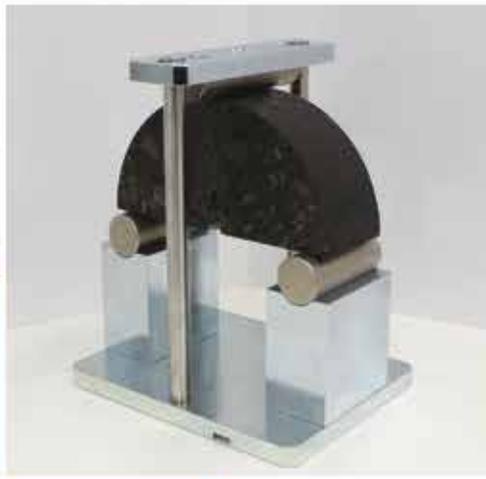


**¡Cupo limitado  
a 60 lugares!**



Sede:  
Instituto Mexicano del Transporte  
San Fandila, Querétaro

Informes:  
[www.cit-amaac.org.mx](http://www.cit-amaac.org.mx)  
[cit-amaac@amaac.org.mx](mailto:cit-amaac@amaac.org.mx)



## The researcher's choice for advanced asphalt testing equipment.

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



*Exclusive Distributor*

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

☎ (+52 55) 5532.0799, 5532.0722

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

👤 Mr. Alessandro D'Amico

A Member of **CONTROLSGROUP**

# GRAVELOCK

## Soil Consolidation Aid

- Distribuidor Autorizado -

» **LÍDER MUNDIAL** «  
EN LA ESTABILIAZACIÓN IÓNICA DEL SUELO

Económico, innovador y fácil de usar

# GMC

- GRUPO MULTISERVICIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN -

**SOLUCIONES  
ASFÁLTICAS**  
GLOBAL MARKETING CORPORATION

**INJECTOR  
BACH**

**HELL**  
CONCRETE SOLUTIONS

**petrien VIAL**

**ErgonArmor**  
CONCRETE SOLUTIONS

### VÍAS TERRESTRES

- MATERIALES ASFÁLTICOS
- ESTABILIZADOR DE SUELOS • LABORATORIO
- EQUIPOS PARA RIEGOS

### MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN

- SELLADORES DE PAVIMENTOS, GRIETAS Y BACHES
- PINTURAS E IMPERMEABILIZANTES
- EPÓXICOS Y REPARADORES DE CONCRETO

### ENERGÍA

- COMBUSTIBLE ALTERNO
- TRANSPORTE

**CAT 018007171800**

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