



## Mezclas asfálticas tibias (MAT)

Ing. Andrea Ulloa Calderón  
Unidad de Investigación, PITRA

(Referencia 1)

### Introducción

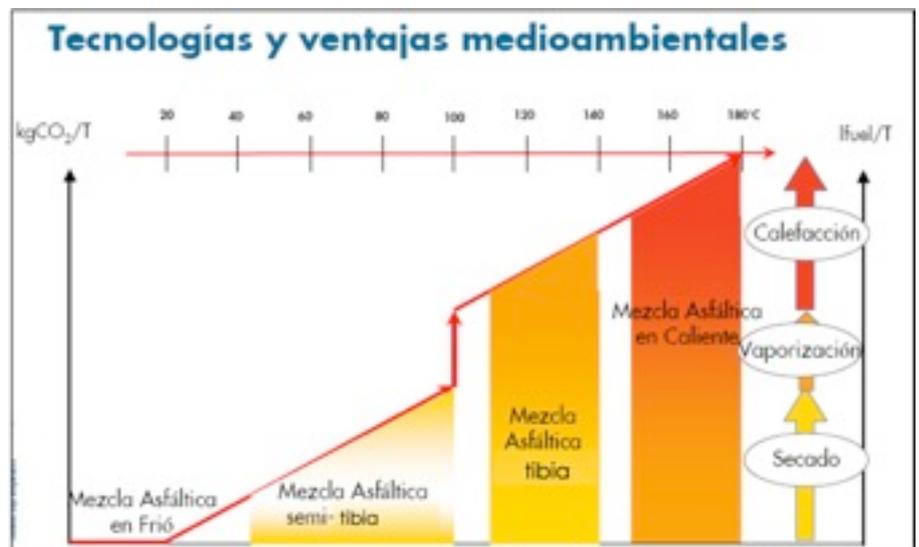
En general las mezclas asfálticas pueden clasificarse por su rango de temperaturas de producción (mezclado), desde mezclas asfálticas en frío hasta las mezclas asfálticas calientes, tal como se esquematiza en la Figura 1:

- Mezclas asfálticas en frío (MAF): usualmente se mezclan a temperatura ambiente utilizando emulsiones o asfaltos espumados.
- Mezclas asfálticas semi-tibias (MAST): producidas a temperaturas debajo de la temperatura de vaporización del agua (100°C).
- Mezclas asfálticas tibias (MAT): producidas típicamente a temperaturas en un rango entre 120°C a 140°C.
- Mezclas asfálticas en caliente (MAC): son producidas típicamente en un rango de 150°C a 180°C, de acuerdo al ligante asfáltico utilizado.

### Figura 1

Clasificación de las mezclas asfálticas por rango de temperaturas; las temperaturas y el combustible son aproximados. Referencia 4.

A diferencia de las mezclas asfálticas calientes (MAC)



Comité editorial del boletín

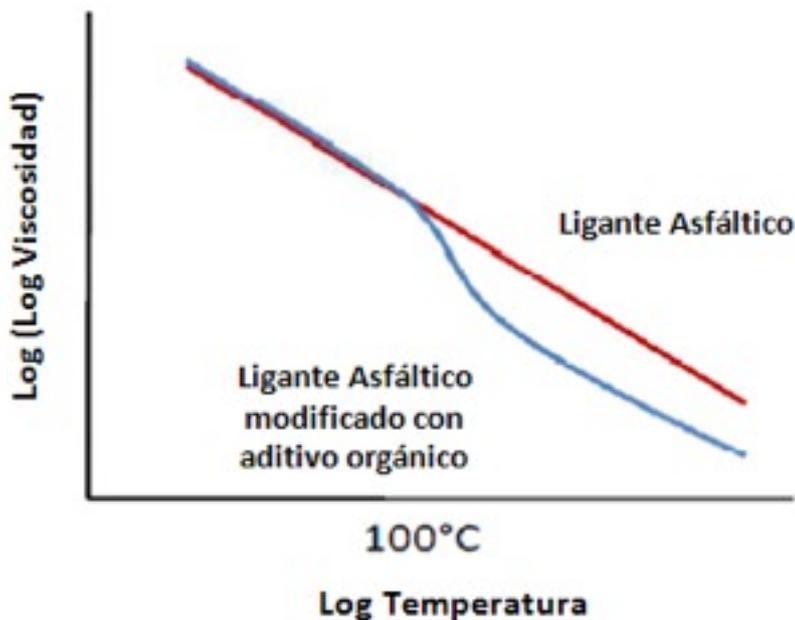
Ing. Luis Guillermo Loría Salazar  
Coordinador General PITRA, LanammeUCR

Licda. Irene Matamoros Kikut  
Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica, PITRA

Mauricio Bolaños Barrantes  
Diseñador Gráfico. Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica, PITRA



# 2011



en donde se utilizan elevadas temperaturas en el mezclado y compactación, las mezclas asfálticas tibias (MAT) buscan reducir estas temperaturas aproximadamente en un 20%, lo cual permite disminuir considerablemente las emisiones de gases y polvo al medio ambiente durante el proceso de producción y colocación, sin que esto perjudique las propiedades de desempeño de la mezcla asfáltica.

Por lo tanto en este boletín se pretende mostrar algunas de las principales diferencias entre las mezclas asfálticas convencionales y las tecnologías de mezclas asfálticas tibias más utilizadas a nivel mundial, así como la forma en que estas pueden implementarse en Costa Rica, considerando las ventajas y desventajas de su aplicación.

## ¿Qué es una mezcla asfáltica tibia (MAT)?

Las mezclas asfálticas tibias (MAT o Warm Mix Asphalt, WMA) son un conjunto de tecnologías desarrolladas en Europa durante el Tratado con Kyoto y la Comunidad Económica Europea en 1997, como una respuesta los gases del efecto invernadero. La National Asphalt Pavement Association (NAPA) en cooperación con la Federal Highway Administration (FHWA) introdujeron las MAT en el World Asphalt Show & Conference del 2004, en

Nashville, TN. como aporte a estos problemas ambientales.

El objetivo de estas tecnologías es bajar las temperaturas de trabajo, principalmente de compactación. Para ello existen diferentes técnicas que buscan reducir la viscosidad del ligante asfáltico y que pueden aplicarse tanto en mezclas continuas como discontinuas. Dichas técnicas se separan en cuatro categorías definidas como:

- Reducción de la viscosidad utilizando aditivos orgánicos.
- Asfaltos espumados.
- Tecnologías con bases acuosas.
- Uso de aditivos químicos (emulsiones).

## Reducción de la viscosidad utilizando aditivos orgánicos

Esta técnica consiste en reducir la viscosidad del ligante utilizando ceras como aditivo orgánico, tal como se observa en la Figura 2.

### ¿Cómo se adiciona?

Las ceras pueden ser adicionadas de dos maneras: al tambor mezclador en forma sólida (Figura 3) o bien pueden premezclarse con el asfalto antes de entrar al tambor; esta última es la más apropiada para obtener una distribución más



(a)



(b)

## Figura 2

Comportamiento de la viscosidad-temperatura del ligante asfáltico modificado con aditivo orgánico. Referencia 3.

homogénea sin alargar el tiempo de mezclado.

## Resultados y limitaciones

- Fácil de utilizar, dado que no se requieren inversiones ni modificación de la planta.
  - Reducción de la temperatura de mezclado (130°C -140°C).
  - Mejor trabajabilidad durante todo el proceso de mezclado y compactación.
  - Puede mejorar la resistencia al ahuellamiento.
- #Se emplean las mismas especificaciones y pruebas estándar para diseño y verificación que las mezclas en caliente (MAC).
- El mejoramiento en el comportamiento y los efectos de las ceras en el asfalto dependen de la cristalización y el punto de ablandamiento de estas.

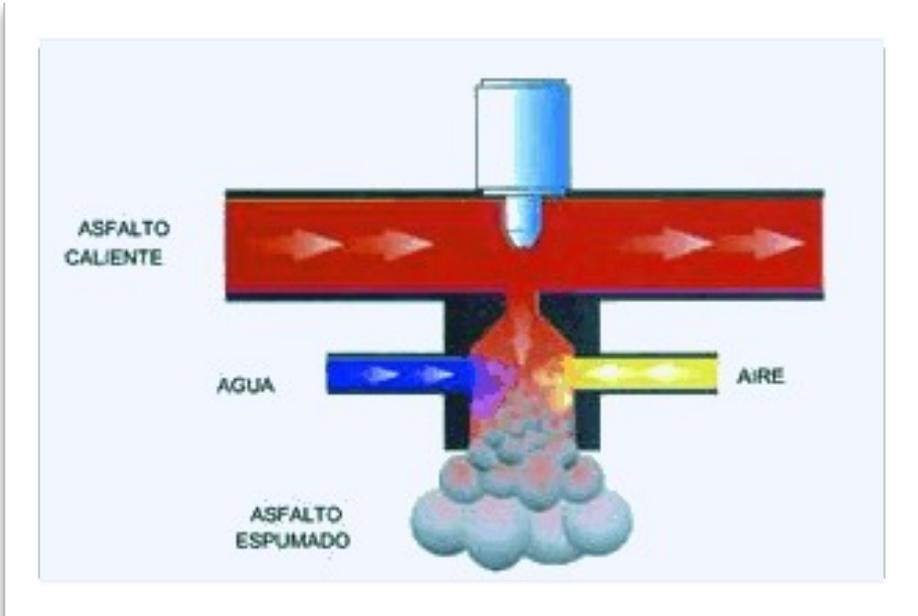
## Asfaltos espumados

Consiste en añadir pequeñas cantidades de agua y aire comprimido al ligante asfáltico caliente dentro de una cámara de expansión (Figura 4), formando de manera controlada un efecto espumado, que permite aumentar el volumen del asfalto y reducir en apariencia su viscosidad.

Para la producción de mezclas con asfalto espumado, el agregado debe ser incorporado mientras el asfalto se encuentre en estado de espuma. Al desintegrarse la burbuja en presencia del agregado, las gotitas de asfalto se aglutinan con las partículas más finas (especialmente con aquellas fracciones menores a 0.075 mm), produciendo una mezcla con agregado fino; este proceso se denomina dispersión del asfalto (Figura 5). Esto resulta en una pasta de filler y asfalto que actúa como un mortero entre las partículas gruesas.

## Figura 3

Ceras como aditivo orgánico. (a) Referencia 4. (b) Referencia 10.



**Figura 4**  
Cámara de expansión del asfalto.  
Referencia 5.

**Tecnologías con bases acuosas**

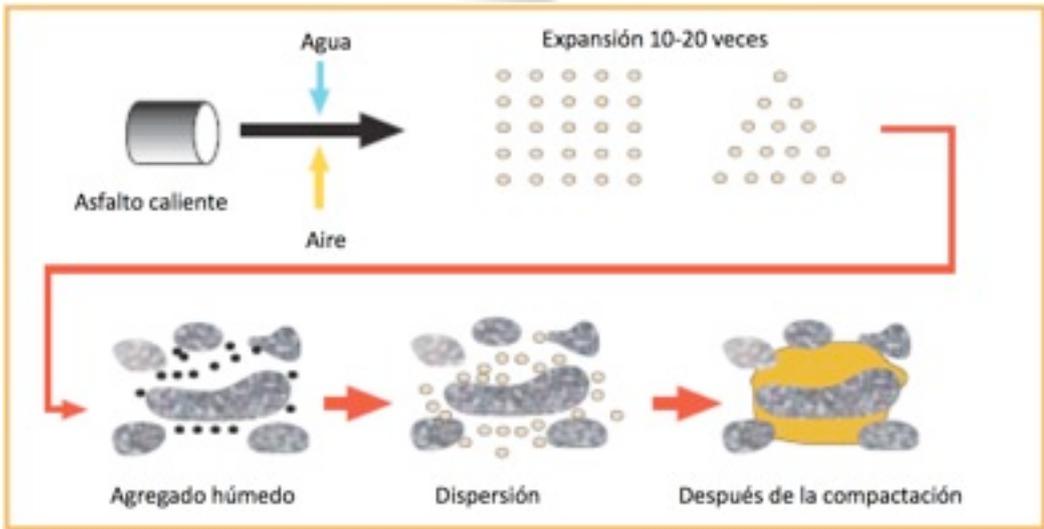
Este tipo de tecnologías permiten producir mezclas tibias de dos formas, en la primera el asfalto espumado se inyecta en el tambor mezclador y en la segunda se adiciona agregado húmedo a la mezcla caliente.

Utilizando el primer método de producción, el asfalto en su estado

**Aplicaciones**

Existen principalmente dos tipos de aplicaciones para el asfalto espumado: el reciclado en frío de pavimentos asfálticos y la estabilización de suelos. La primera consiste en recuperar un pavimento asfáltico, por ejemplo

**Figura 5**  
Proceso de mezcla con los agregados. Referencia 5.



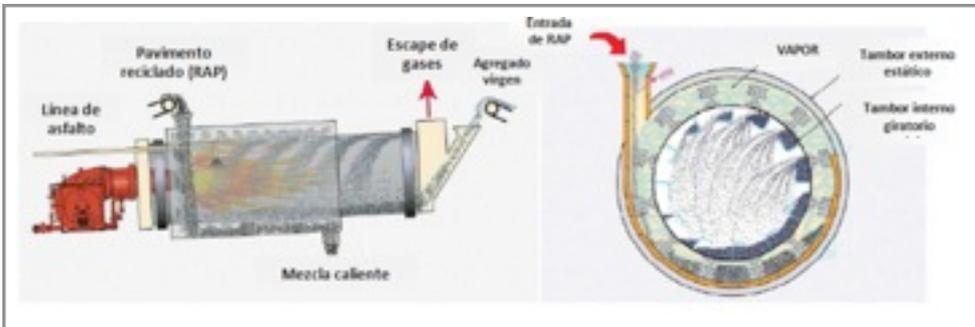
mediante un equipo fresador, el cual es mezclado con asfalto espumado, adiciones y agregados nuevos (si es necesario), para formar una base asfáltica. La segunda aplicación consiste en recuperar agregados de un camino sin pavimentar o de nuevas fuentes, los que posteriormente se mezclan con asfalto espumado. Ambas alternativas pueden ser ejecutadas mediante tecnología en sitio y en planta. (Referencia 5)

**Resultados y limitaciones**

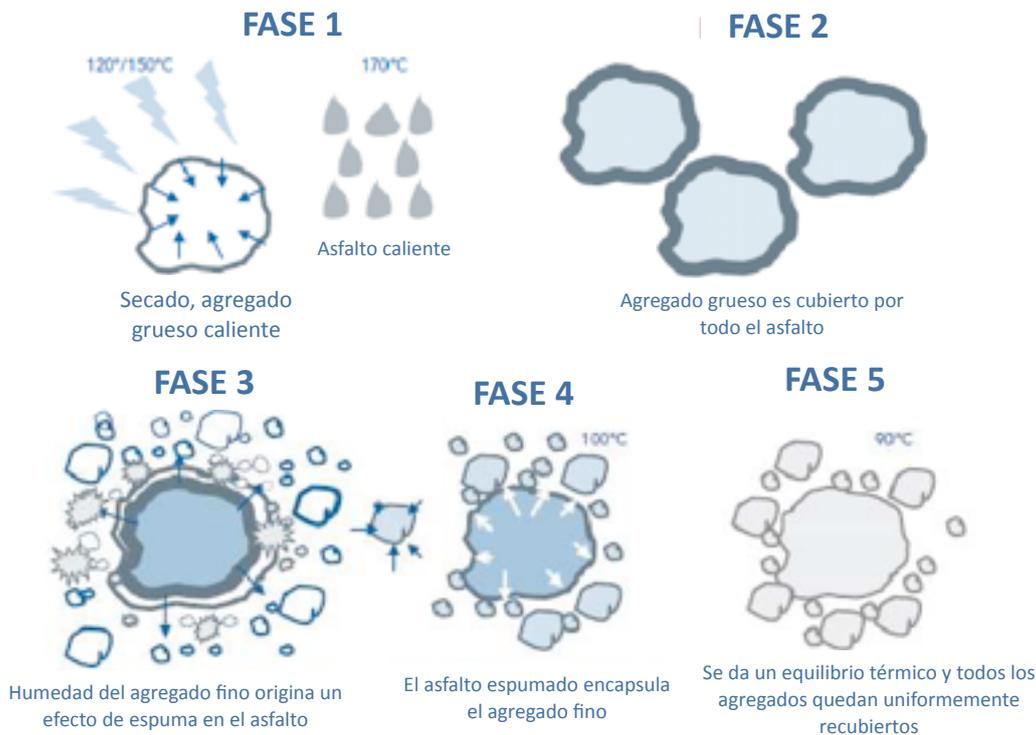
- Necesidad de un control preciso del contenido de agua.
- Introducción de los agregados en 2 etapas.
- Temperatura de mezcla sobre 100°C.
- El material recuperado del pavimento asfáltico podría encontrarse disgregado, aportados por agregados de la base y subbase granular existente.
- La tecnología en sitio requiere de un equipo fresador-mezclador.

espumado incrementa de 8 a 12 veces su volumen, lo que proporciona un recubrimiento adecuado de los agregados durante el mezclado. Este proceso implica algunas modificaciones de la planta con sistemas de doble tambor, como se observa en la Figura 6, donde uno de los tambores es giratorio y el otro se mantiene estático, y el asfalto espumado es preparado en una cámara de expansión e inyectado a la mezcla mediante líneas de inyección hacia el interior del tambor. Además, con este tipo de tecnologías es posible dosificar material reciclado en la mezcla dado que las temperaturas de mezclado son menores.

En el caso en que se adicionen agregados húmedos, el proceso de producción



**Figura 6**  
Sección de una planta de doble tambor con un sistema de inyección de asfalto espumado. Referencia 2.



**Figura 7**

Tecnología a base de agua. Resumen de la secuencia en el proceso de mezclado utilizando la adición de agregados finos húmedos. Referencia 5.

emulsificantes, que se adicionan a una base acuosa y luego es mezclada con altos contenidos de asfalto para obtener finalmente la emulsión. Esta emulsión se mezcla con el agregado caliente, donde la mayor parte del agua se evapora y permite el recubrimiento del agregado con el asfalto. En este proceso es posible encontrar la reducción de las temperaturas de producción hasta de 55°C, ver Figura 8.

### ¿Cómo se adiciona?

Los aditivos son inyectados junto con el asfalto a través de líneas de inyección justo antes de entrar al tambor mezclador en plantas continuas o bien directamente al mezclador en plantas de bache.

### Resultados y limitaciones

- Se requieren algunas modificaciones en la planta para adicionar la emulsión a la mezcla.
- Es indispensable realizar modificaciones en el diseño de la mezcla asfáltica en el laboratorio.
- El emulsificante se adiciona a una tasa aproximadamente de 5% por peso de asfalto antes de mezclarse con el agregado.

### Comparación entre MAT y MAC

Según estudios recientes realizados en Estados Unidos y algunos países de Europa, fue posible determinar:

- Reducción de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) en comparación con mezclas asfálticas calientes, tal como se observa en la Figura 9.

**Figura 8**

Proceso de mezclado utilizando emulsiones. Referencia 4.

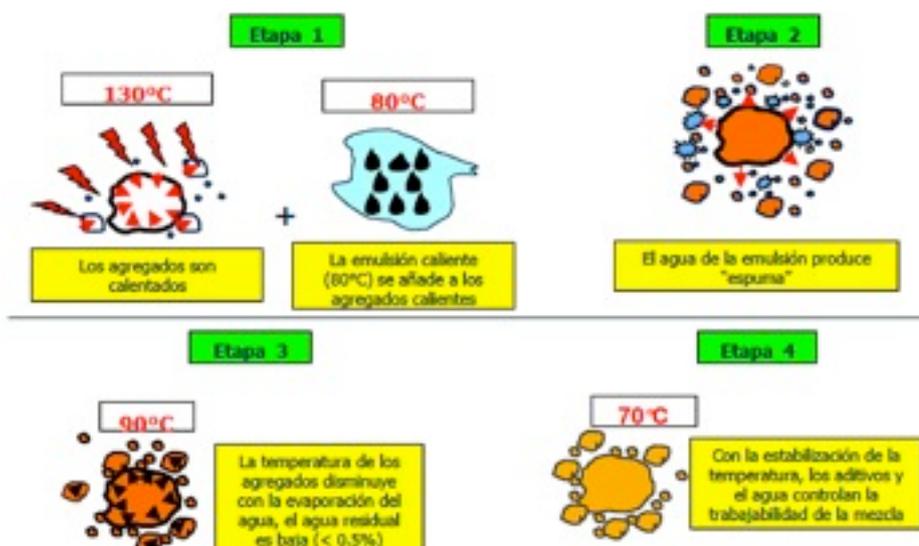
consiste en calentar el agregado grueso a 150°C y mezclarlo con el asfalto a las temperaturas normales de mezclado en una MAC, sin embargo, justo antes de que el asfalto entre en el tambor mezclador se adiciona un 0,5% de aditivo por peso total de ligante. Este aditivo funciona como un regulador de la expansión del efecto espumante en el asfalto y a su vez sirve como agente anti-desnudante. Una vez el agregado grueso es recubierto por el asfalto, se mezcla con el agregado fino húmedo (idealmente a 3% de humedad). El vapor de agua producido causa un efecto de espuma en el asfalto que cubre el agregado grueso y luego este asfalto espumado aglutina el agregado fino (o reciclado), lo cual baja su viscosidad y por tanto las temperatura de compactación (Figura 7).

### Resultados y limitaciones

- Se necesita una planta de doble tambor y modificarla para añadir un dispositivo para la producción del asfalto espumado.
- La reducción en la temperatura de compactación puede bajar cerca de los 100°C.
- El desempeño de estas mezclas asfálticas tibias es comparable con el de una mezcla asfáltica en caliente.
- El agregado fino a temperatura ambiente y húmedo utilizado puede ser material de pavimiento reciclado.

### Uso de aditivos químicos (emulsiones)

Estas tecnologías involucran el uso de aditivos químicos conocidos como





**Figura 9**

Prueba de comparación en la descarga de mezclas asfálticas: a la izquierda una MAC y a la derecha una MAT. Referencia 10.

- Reducción las temperaturas de colocación y compactación en comparación con las temperaturas convencionales, Figura 10.
- Se obtienen resistencias al daño por humedad a la tensión diametral similares.
- Presenta una mayor resistencia al fisuramiento por temperatura que las MAC.
- Mayor flexibilidad en la colocación y compactación de la MAT.
- Menores velocidades de enfriamiento, lo que permite distancias más largas de transporte.
- Las MAT pueden colocarse en climas fríos o en las noches donde baja más la temperatura del ambiente.

conservación de pavimentos asfálticos (reciclado) y construcción de caminos económicos (estabilización de caminos sin pavimentar), debido, principalmente, a su buen comportamiento, facilidad de construcción, compatibilidad con un amplio rango de tipos de agregados y ventajas energéticas.

Por lo que una alternativa al uso de las mezclas asfálticas tradicionalmente utilizadas en el país, es la implementación de este tipo de mezclas asfálticas tibias; donde con algunas modificaciones en las plantas de producción existentes es posible obtener mezclas asfálticas que brindarían grandes beneficios y una importante reducción en los costos.

## Ventajas de la aplicación de mezclas asfálticas tibias

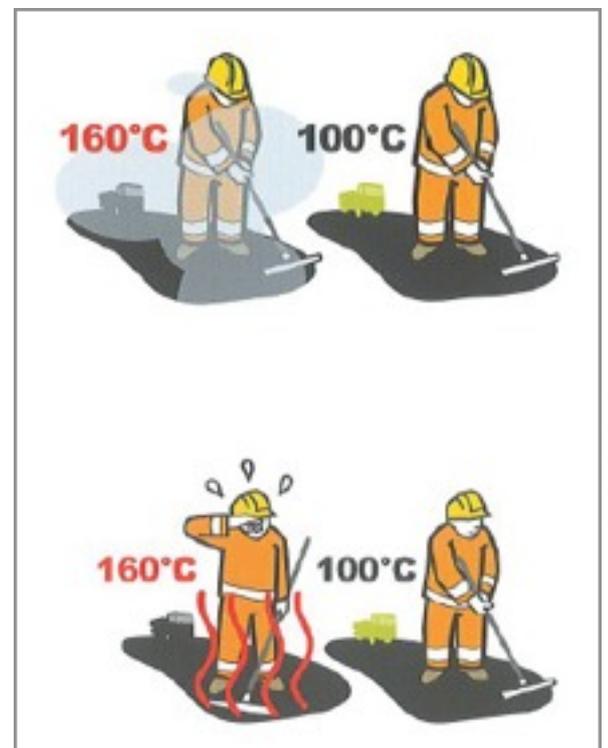
La reducción de las temperaturas en las mezclas asfálticas, brindan enormes beneficios:

- Reducción en el uso de combustibles para la producción de mezclas asfálticas.
- Facilidad en la compactación de pavimentos asfálticos.
- Incremento en el uso de pavimentos reciclados (RAP) dentro de las mezclas.
- Mejor ambiente de trabajo para los operarios en sitio.
- Reducción o eliminación de gases y olores.
- Eliminación del envejecimiento prematuro del ligante asfáltico.
- Permite una apertura más rápida al tránsito.

El asfalto espumado se ha transformado en una excelente alternativa para la

**Figura 10**

Reducción de las temperaturas de colocación y compactación. Referencia 9.



## Bibliografía:

1. FHWA. Warm Mix Asphalt: European Practice. Washington D.C., Estados Unidos. 2008.
2. M. Kasozi, Andrew; Y. Hajj, Elie, PhD; E. Sebaaly, Peter, PhD, P.E.; John C. Elkins. TRB-11-2569 Evaluation of foamed Warm-Mix Asphalt incorporating recycled asphalt pavement for volumetric and mechanical properties. Department of Civil & Environmental Engineering, University of Nevada Reno; 2010.
3. Muliika Kasoki, Andrew. Properties of Warm Mix Asphalt from two field projects: Reno, Nevada and Manitoba, Canada. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineering. University of Nevada Reno; 2010.
4. Rosario. Mezclas asfálticas a más bajas temperaturas. Comisión Permanente del Asfalto, XXXV Reunión del Asfalto, Argentina; 10-14 Noviembre 2008.
5. Thenoux Z., Guillermo y Jamet A., Andrés. Asfalto Espumado: Tecnología y Aplicaciones. Revista Ingeniería de Construcción Pontificia Universidad Católica de Chile, (en imprenta), Santiago, Chile. 2002.
6. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA). Warm Mix Asphalt Technologies and Research. Pavements. 2010.

### Referencias de internet

7. Asteinc: <http://www.asteinc.com>
8. Asphalt Paving Association of Iowa's (APAI): <http://www.apai.net/warmmixasphaltwma.aspx>
9. Innovaciones en mezclas tibias de asfalto: <http://www.cpasfalto.org.ar/35reunion/Jueves-13-11-08/37-Innovacion-en-mezclas-tibias-de-asfalto.pdf>
10. National Asphalt Pavement Association. Warm Mix Asphalt: <http://cobweb.ecn.purdue.edu/~spave/NCAUPG/Activities/2006/Presentations%20HMA%20Conf.%2006/warm%20mix%20asphalt%20NCUPG%2001-06-Hansen.pdf>
11. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA): [www.fhwa.dot.gov/pavement/wma.htm](http://www.fhwa.dot.gov/pavement/wma.htm)

## Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

### Coordinador General:

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, MSc, Candidato a PhD,

### Subcoordinador:

Ing. Fabián Elizondo, MBa.

### Unidades:

Unidad de Auditoría Técnica

Coordinadora: Ing. Jenny Chaverri, MScE.

Unidad de Investigación

Coordinador: Ing. Fabián Elizondo, MBa.

Unidad de Evaluación de la Red Vial

Coordinador: Ing. Roy Barrantes

Unidad de Gestión Municipal

Coordinador: Ing. Jaime Allen Monge, MSc.

Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica

Coordinadora: Licda. Irene Matamoros Kikut

Unidad de Desarrollo de Especificaciones Técnicas

Coordinador: Ing. Jorge Arturo Castro

Unidad de Puentes

Coordinador: Ing. Rolando Castillo, PhD.

Ing. Guillermo Santana, PhD.