

# ARENA ASFALTO COMO SISTEMA ANTIRREFLEJO DE FISURAS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Martín Ezequiel Uguet<sup>1</sup>, Diego Omar Larsen<sup>1</sup>, Eduardo Williams<sup>1</sup>, Adrián Nosetti<sup>2</sup>, Pablo Morano<sup>3</sup>, Augusto Perazo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Civil (UIDIC) – Facultad de Ingeniería – UNLP, [meuguet@ext.ing.unlp.edu.ar](mailto:meuguet@ext.ing.unlp.edu.ar) ; [uidic@ing.unlp.edu.ar](mailto:uidic@ing.unlp.edu.ar)

<sup>4</sup> Maestría en Ingeniería Vial - Departamento de Construcciones Facultad de Ingeniería – UNLP [maestriavial@ing.unlp.edu.ar](mailto:maestriavial@ing.unlp.edu.ar)

<sup>3</sup> Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, [pgmorano@gmail.com](mailto:pgmorano@gmail.com) ; [augustoperazo@gmail.com](mailto:augustoperazo@gmail.com)

## Resumen

Dentro de las patologías más comunes de observar en los pavimentos asfálticos son las fisuras reflejas que se manifiestan superficialmente y que son causadas por efectos térmicos y/o fatiga del material. Este fenómeno trae aparejadas consecuencias como el ingreso de agua y distintos materiales que conllevan a una rotura aún mayor de la carpeta asfáltica, obligando a la intervención localizada para efectuar reparaciones. Por ese motivo es que, a lo largo de los años se ha intentado mitigar e incluso eliminar el efecto de la fisuración en las mezclas asfálticas. Entre los métodos comúnmente utilizados, se destaca la aplicación de capas de pequeño espesor y muy flexibles, de manera de que se produzca la absorción de los esfuerzos que producen el daño. En Argentina, el material comúnmente utilizado para esta tarea es denominado arena–asfalto o capa SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer)

Si bien no se trata de una novedad en nuestro país, en el presente estudio se muestran ejemplos de los cuales se ha realizado seguimiento y ensayos de laboratorio que permiten entender mejor el comportamiento de distintas mezclas.

**Palabras Clave:** Arena asfalto, Fisuración, SAMI.

## 1 Introducción

Uno de los problemas de los pavimentos asfálticos es la aparición de fisuras superficiales, originadas en las capas inferiores, también conocida como fisuración refleja <sup>[1]</sup>. Este fenómeno “consiste en la propagación de fisuras a través de la capa bituminosa hasta aparecer en la superficie del pavimento, como consecuencia de esfuerzos en la capa de rodadura” <sup>[2]</sup>. Durante varios años, ingenieros de distintas partes del mundo han intentado mitigar este tipo de fallas, construyendo nuevas capas de pavimento por encima. Existen diferentes métodos para el control de este tipo de problemática tales como: geotextiles, geomallas, construcción de capas de mezclas en frío de delgado espesor, o construcción

de capas de arena asfalto, entre otros. En el caso del presente trabajo, se abordará el caso de la construcción de capas de arena asfalto.

### 1.1 Definición y usos

A nivel internacional, las arenas asfalto pertenecen al grupo de las SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer o Membrana Aliviadora de Tensiones Intercapa). Este tipo de materiales, suele utilizarse durante la construcción de pavimentos y se lo coloca, habitualmente, entre una capa de pavimento existente (generalmente fisurada) y una nueva <sup>[3]</sup>.



Figura 1. Capa de arena asfalto. Camino Parque del Buen Ayre

Los SAMI, son materiales elásticos, que permiten que se produzca el retardo en la reflexión de fisuras a las nuevas capas de pavimento. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, puede verse una capa de arena asfalto, colocada en el carril rápido en el Camino Parque del Buen Ayre en el mes de noviembre del año 2014.

Una utilización muy habitual de las arenas asfalto es para la construcción de pavimentos asfálticos por encima de losas de hormigón o bases y sub bases rígidas. Estos tipo de estructuras, de gran rigidez, suelen fisurarse provocando, a lo largo del tiempo, fisuración refleja en la carpeta. La interposición de una capa de arena asfalto, da como resultado el retardo de la fisuración y, por consiguiente, una mayor vida útil del pavimento.

En nuestro país, se define como mezcla arena asfalto en caliente, a la combinación de un ligante asfáltico (convencional o modificado), agregados (incluido Filler) y eventualmente aditivos; elaboradas en plantas a tal efecto y colocadas en obra a temperatura muy superior a la ambiente.

## 2 Reglamentación

La normativa de base en Argentina, está dada por la Dirección Nacional de Vialidad (DNV). No obstante, los organismos provinciales pueden adoptar su propia reglamentación, pero generalmente sigue los lineamientos nacionales.

La DNV impone en su Pliego de Especificaciones Técnicas Generales (PETG), aquellos requisitos que deben cumplir tanto los materiales que componen a una mezcla asfáltica, como los que debe cumplir esta última en su conjunto.

### 2.1 Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la DNV

La Dirección Nacional de Vialidad establece, como se explicó anteriormente, los lineamientos que deben seguir los diferentes tipos de mezclas asfálticas.

Asimismo, en su versión 2017, el PETG de la DNV incorporó a la posibilidad de la utilización de ligantes asfálticos calientes, a los ligantes semicalientes. De esta manera, se da la posibilidad de trabajar con cualquiera de esos tipos de asfaltos.

#### 2.1.1 Nomenclatura

En primer lugar, se define la nomenclatura que caracteriza al material a tratar.

Tabla 1. Nomenclatura mezclas tipo arena asfalto

Sigla	Tamaño	Asfalto
MAAC	TMN	CA-XX / AM-Y
MAAS	TMN	CA-XX / AM-Y

Donde:

MAAC: Sigla que indica “Mezcla de Arena Asfalto en Caliente”.

MAAS: Sigla que indica “Mezcla de Arena Asfalto Semicaliente”.

TMN: Tamaño máximo nominal, en milímetros, del huso granulométrico.

El tipo de asfalto puede ser convencional (CA-XX según clasificación IRAM IAPG A 6835) o modificado (AM-Y, según lo establecido en la Norma IRAM 6596).

#### 2.1.2 Niveles de solicitud

Al igual que como realiza con otro tipo de mezclas asfálticas, el PETG de la DNV, establece los requisitos que deben cumplir los materiales componentes y los criterios de dosificación en base a distintos niveles de tránsito (T1, T2, T3 y T4). Estos niveles, se calculan en base al Tránsito Medio Diario Anual de diseño (TMDA<sub>d</sub>) y al porcentaje de vehículos pesados de diseño.

#### 2.1.3 Requisitos que deben cumplir los agregados

En primer lugar, el Pliego establece una diferencia entre agregado grueso (aquella parte del agregado que queda retenida en el tamiz IRAM 4,75 mm) y el agregado fino (aquella parte del agregado que pasa por el tamiz IRAM 4,75 mm). En base a esa primer

diferenciación, se establece una serie de pautas que deben ser cumplimentadas por los agregados para ser aptos para su utilización en la dosificación de mezclas tipo arena asfalto.

Cada uno de los parámetros que deben cumplir los agregados, se encuentran identificados en tablas con su correspondiente Norma de ensayo y valor que debe verificar. Entre las principales variables se encuentran: Coeficiente de Desgaste Los Ángeles, Equivalente de Arena, Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425  $\mu\text{m}$ , Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 75  $\mu\text{m}$ , Granulometría, Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente, Absorción, Durabilidad por ataque con sulfato de sodio, entre otros.

Como ya se explicó, el rango de valores que deben cumplirse se encuentra plasmado en la Especificación, por lo que carece de sentido la realización de una transcripción en el presente trabajo.

#### *2.1.4 Requisitos que debe cumplir el relleno mineral (Filler de aporte)*

En primer lugar, la Especificación establece que el filler de aporte puede estar conformado por Calcáreo molido, Cal hidratada o Cal hidráulica hidratada. Asimismo, se establece la normativa que el filler de aporte debe cumplir en función del tipo de material que se utilice.

Por otro lado, el Pliego, define los límites granulométricos y el rango de densidades en el que se debe encuadrar el relleno mineral.

#### *2.1.5 Requisitos que debe cumplir el ligante asfáltico*

El Pliego Único de Especificaciones Técnicas Generales de la DNV, establece que en caso de utilizarse asfaltos convencionales, éstos deben encuadrarse bajo la Norma IRAM-IAPG A 6835, mientras que si se utilizan asfaltos modificados los mismos se ajustarán a la Norma IRAM 6596. Asimismo, se indica que el tipo de asfalto se establecerá para cada obra en particular, en su correspondiente especificación.

Por otro lado, si alguna obra requiere la utilización de un ligante que no encuadre en lo mencionado anteriormente, se deja abierta la posibilidad de su utilización, mientras que el mismo sea correctamente Especificado en el Pliego Particular de la obra en cuestión.

#### *2.1.6 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de obra*

En este apartado la Especificación aborda ciertos temas como los parámetros que debe satisfacer la mezcla elaborada.

Uno de los aspectos importantes que impone esta Especificación es que establece el espesor máximo de la capa a colocar a:

$$e > 2,5 \times TMN \quad (1)$$

$$e \leq \text{tres centímetros (3 cm)} \quad (2)$$

donde  $e$  es el espesor de la capa y  $TMN$  es el tamaño máximo nominal de la combinación de agregados.

En la Tabla 2, veremos que el TMN permitido por la especificación es de 5 mm, por lo tanto, si combinamos las ecuaciones anteriores (1), (2), el espesor queda definido de la siguiente manera:

$$1,25 \text{ cm} < e \leq 3 \text{ cm} \quad (3)$$

Por otro lado el PETG de la DNV, establece los límites dentro de los husos granulométricos que debe cumplir la granulometría resultante de la mezcla o composición de las diferentes fracciones de agregados (incluido filler). En la Tabla 2<sup>[4]</sup> se presentan los requisitos que debe cumplir el esqueleto granular de una mezcla del tipo arena asfalto de tamaño máximo 5 mm.

Tabla 2. Husos granulométricos del esqueleto granular de las mezclas arena asfalto

Tamices	Porcentaje en peso que pasa
	5
9,5 mm	100
4,75 mm	85 – 100
2,36 mm	80 – 90
600 µm	55 – 80
300 µm	30 – 60
75 µm	4 – 14

Por otro lado, los requisitos a cumplir por parte de la mezcla asfáltica en su conjunto, se enumeran en la Tabla 3<sup>[4]</sup>.

Tabla 3. Requisitos de dosificación

Parámetro		Exigencia
Ensayo Marshall (IRAM 6845)	Nº de golpes por cara	50
	Estabilidad	> 8 kN
	Relación Estabilidad – Fluencia (sólo para ligantes asfálticos convencionales)	2,5 – 4,0 kN/mm
	Vacíos en mezcla	2 – 4 %
	Vacíos del Agregado Mineral (VAM)	> 12 %
	Relación Betún- Vacíos	68 – 78 %
Resistencia conservada mediante el ensayo de Lottman modificado (ASTM D 4867 o AASHTO T 283)		> 80 %
Contenido mínimo de Cal Hidratada, en peso sobre el total del esqueleto granular		0,5 %
Proporciones máximas en volumen de Filler en mezclas (IRAM 1542)		Para ligante asfáltico tipo convencional: Cv/Cs ≤ 1,0 Para ligante asfáltico tipo modificado: Cv/Cs ≤ 1,1

Parámetro	Exigencia
	Se limita la proporción relativa de rellenos minerales de aporte cuya concentración crítica sea inferior a 0,22 ( $C_s < 0,22$ ) a un máximo de 2 % en peso de la mezcla

Asimismo, la especificación establece los rangos de temperatura de mezclado y compactación de la mezcla asfáltica en laboratorio.

Tabla 4. Temperaturas de mezclado y compactación

Mezcla	Tipo de ligante	Temperatura
MAAC	Convencional	Aquella que permita verificar los siguientes rangos de viscosidad rotacional (IRAM 6837) Mezclado: 1,7 dPa*seg $\pm$ 0,2 dPa*seg Compactación: 2,8 dPa*seg $\pm$ 0,3 dPa*seg
	Modificado	Compactación: Dentro del rango de 160 °C – 165 °C, o la recomendada por el proveedor del ligante asfáltico
MAAS	-	En el caso de este tipo de mezclas, se detallarán los requisitos en la Especificación Técnica Particular.

Por otro lado, el contenido óptimo de ligante asfáltico surge de la realización del promedio de los siguientes valores:

- Porcentaje de ligante asfáltico para el cual los vacíos de la mezcla resultan igual a un porcentaje de vacíos de diseño del tres por ciento (3 %)
- Porcentaje de ligante asfáltico para el cual los VAM resultan cinco décimas por ciento (0,5 %) superior al mínimo, sobre la rama descendente de la gráfica correspondiente VAM vs. % Cemento asfáltico.

Asimismo, en la Especificación se establece de que en caso de que con el porcentaje óptimo de cemento asfáltico determinado según el criterio previamente mencionado, no se verifiquen las exigencias enunciadas en la Tabla 3, se permitirá modificar el contenido de ligante asfáltico adoptado, siempre que se dicha decisión sea debidamente justificada e informada.

### 2.1.7. Requisitos constructivos

En el PETG de la DNV, se explican cuáles son las técnicas constructivas que deben llevarse a cabo. Debido a que las mismas son similares a otros tipos de mezclas asfálticas y a que el objetivo del presente trabajo no es realizar una copia fiel de la Especificación, sólo se presentarán los datos que se consideran de mayor importancia, dejando al lector la posibilidad de profundizar la información con el Pliego.

La Especificación indica que en caso de que se requiera la aplicación de productos antiadherentes o de limpieza sobre los equipos de elaboración, transporte, extendido o distribución debe utilizarse una solución jabonosa. No se permite la utilización de materiales perjudiciales para la mezcla bituminosa.

Los tanques de almacenamiento de ligante asfáltico serán cilíndricos, y preferentemente verticales. Los mismos deben estar adecuadamente aislados y deben poseer un adecuado sistema de calentamiento del ligante. Los tanques además, deberán contar con un sistema de recirculación, y en el caso del empleo de ligantes modificados deberán contar con dispositivos para la agitación del material.

La planta asfáltica deberá contar con una cantidad de silos de dosificación en frío de al menos igual número de fracciones de los agregados que componen la Fórmula de Obra. Dichos silos deberán contar con elementos que impidan la contaminación entre las distintas fracciones alojadas en las tolvas. Por otro lado, el filler de aporte, provendrá de otro silo, destinado a tal fin, (similar al resto de las mezclas asfálticas especificadas por el PETG de la DNV).

En cuanto al transporte, las especificaciones, también son similares a otras mezclas asfálticas. Se hará hincapié, en este caso, en la utilización de cubiertas de protección en los equipos de transporte de mezclas asfálticas. Esto es, no sólo para evitar la pérdida de temperatura del material, sino también reducir la posibilidad de envejecimiento prematuro del mismo.

Los equipos de distribución, al igual que se especifica para el resto de las mezclas asfálticas, deberá ser autopropulsado, con sensores que permitan la uniformidad de la distribución del material. La extendidora será abastecida de manera constante y pareja, se deberá optimizar la colocación para evitar el exceso de detenciones innecesarias.

Asimismo, se explica en la Especificación, las características que deben poseer los equipos de compactación. No se hará hincapié en ningún aspecto en particular, debido a la similitud con otras mezclas tradicionales. Si es importante tener en cuenta que debido a que este tipo de material se coloca en capas de pequeño espesor, es extremadamente importante que la superficie de apoyo sea regular y libre de deterioros. Cabe destacar que las capas de arena asfalto, suelen ser de las primeras que se colocan durante una repavimentación y que cualquier error en la nivelación no podrá ser compensado debido a su escaso grosor. Asimismo, debe mencionarse, que las mezclas de arena asfalto, no pueden colocarse en grandes espesores, porque son susceptibles a ahuellarse.

En la Figura 2, puede observarse el aspecto superficial final de una capa de arena asfalto.





Figura 2. Aspecto superficial de la arena asfalto. Camino Parque del Buen Ayre.

### **3 Ejemplos en nuestro país**

En este apartado se detallarán algunos ejemplos de mezclas con arena asfalto utilizadas en nuestro país. Se trata de obras de distintos lugares y bajo la órbita de distintas reparticiones. Cabe aclarar que las obras enunciadas no son las únicas en las que se utilizó una mezcla de arena asfalto como sistema antirreflejo de fisuras, sino que solo se las destaca porque presentan materiales de diferentes características. Asimismo se destacan que las condiciones iniciales en cada obra eran totalmente diferentes, así como el proyecto llevado a cabo.

#### **3.1 Camino Parque del Buen Ayre**

El Camino Parque del Buen Ayre, es una autopista que funciona como camino alternativo que conecta Acceso Oeste y Acceso Norte, en el Gran Buenos Aires. Cuenta con una extensión aproximada de 23 kilómetros y tres carriles por mano, y es atravesada por casi dos millones de usuarios mensualmente.

A mediados de 2012 se dio inicio a las obras de puesta en valor de la traza. La reglamentación general utilizada para el resto de la obra fue el Pliego Único de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad, en su versión del año 1998 la cual no incluía en sus especificaciones a la Arena Asfalto como mezcla asfáltica ni al asfalto modificado AM3, como ligante asfáltico. Por lo tanto, se debió precisar estos puntos en la Especificación Técnica Particular de la obra. En la memoria descriptiva de la obra se indica que en el carril rápido y sobre la tosca arena asfalto se



previó la construcción de una capa de arena asfalto de dos centímetros de espesor compactada, realizada con asfalto modificado AM3 [5].

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, puede observarse una vista general de una capa de arena asfalto ejecutada en el carril rápido del Camino Parque del Buen Ayre, en el mes de noviembre de 2014.

En la Figura 3, se observa una capa de arena asfalto, ejecutada durante octubre de 2015, en el Camino Parque del Buen Ayre. Por otro lado, en la Figura 4 se muestra el desarrollo de las tareas de compactación sobre una capa de arena asfalto.



Figura 3. Capa de arena asfalto. Camino Parque del Buen Ayre



Figura 4. Tareas de compactación. Camino Parque del Buen Ayre

### 3.2 Ruta Provincial Nº 6.

La Ruta Provincial Nº 6, tiene unos 180 km, de longitud y se ubica en el borde exterior del Gran Buenos Aires. La misma se extiende desde la Ruta Provincial Nº 215, en la localidad de Ángel Echeverry, hasta la localidad de Zárate. Se trata de una autovía de dos carriles de circulación por sentido.

En el año 2017, la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, llevó a cabo obras de rehabilitación en la ruta mencionada.

La obra, “Rehabilitación y Refuerzo Estructural en RP Nº 6” Tramo I, Sección II, se corresponde con el tramo desarrollado entre la Ruta Provincial Nº 7 y la Ruta Nacional Nº 8.

En algunos subsectores de la traza, se realizaron refuerzos en el pavimento de hormigón existente. En los mismos se colocó, en primera instancia, una capa niveladora de arena-asfalto y una geogrilla, para luego completar el refuerzo con dos capas de concreto asfáltico denso CAC D (una con asfalto CA-30 y otra con AM3) y una carpeta de SMA 19. Esta combinación tenía como fin la reducción de la fisuración proveniente de las juntas de las losas de hormigón que se encontraban en la parte inferior [6].

En la Figura 5, puede observarse el desarrollo de tareas de colocación de mezcla asfáltica (CAC D) sobre una capa de arena asfalto con geogrilla.



Figura 5. Tareas de colocación de mezcla asfáltica densa sobre arena asfalto con geogrilla. Ruta Provincial N° 6

### 3.3. Ruta Provincial N° 75

La Ruta Provincial N° 75, pertenece a la red de la Provincia de Buenos Aires y se desarrolla entre las localidades de Energía y Laprida. Posee un carril por sentido de circulación en sus 175 kilómetros de extensión.

En el año 2017, la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, realizó un plan de mejoras en su red, dentro del cual se encontraba un tramo de 36 kilómetros, entre la localidad de Energía y el Arroyo Cortaderas. El nuevo paquete estructural de dicha obra estaba conformado por: Capa Niveladora de Arena Asfalto CA-20, en 0,025 m de espesor, colocación de geogrilla, Base granular asfáltica con CA-30 en 0,05 m de espesor y Carpeta de concreto asfáltico con asfalto CA-30 y mezcla CAC D 12 de 0,04 m de espesor [7].

La importancia de analizar esta obra, radica en el estado en que se encontraba antes de su intervención. La carpeta asfáltica presentaba en todo el tramo, un estado generalizado de fisuración en malla (piel de cocodrilo, tipo 10), sin pérdida de perfil. No se detectaron baches de consideración, solo casos muy puntuales. En la Figura 6, puede observarse el aspecto superficial de la calzada, antes de la obra. Por otro lado, en la Figura 7, se aprecia la capa de arena asfalto construida. Ambas figuras corresponden a fotografías tomadas el día 16 de mayo de 2017.





Figura 6. Ruta Provincial N° 75. Aspecto de la calzada antes de la obra



Figura 7. Ruta Provincial N° 75. Capa de arena asfalto

En abril de 2020 (a casi un año de finalizada la obra), se realizó una inspección visual por toda la traza intervenida. En dicho recorrido se tomaron fotografías en las que se reflejaba el estado de la calzada. Es muy importante destacar, que no se detectó ninguna fisura. En la Figura 8 puede observarse una vista general de la calzada.



Figura 8. Ruta Provincial N° 75. Tramo finalizado

#### **4 Comparación de MAAC con distintos ligantes asfálticos**

Impulsado por los distintos tipos de mezclas de arena asfalto utilizadas en las obras enunciadas anteriormente, es que se procedió a realizar un análisis de laboratorio para comparar sus prestaciones, mediante algunos ensayos. Es importante destacar, que no se ha efectuado una caracterización completa de la mezcla, sino que es un primer estudio para entender las cualidades de cada uno de los materiales. La idea del trabajo fue la realización de un análisis comparativo del funcionamiento de una MAAC con asfalto modificado AM3 y otra con asfalto convencional CA-20.

##### **4.1 Granulometría**

Para realizar el presente estudio se partió de una granulometría de base, igual para ambas mezclas. La granulometría adoptada se presenta en la Tabla 5. Cabe destacar que la misma no se encuadra dentro de los límites establecidos en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la DNV versión 2017, porque no correspondía la aplicación del mismo en ninguna de las obras mencionadas.

Tabla 5. Composición granulométrica de la mezcla adoptada

Tamices	Composición de la fórmula
	Porcentaje en peso que pasa
9,5 mm	100,0
4,75 mm	95,4
2,36 mm	72,3
600 $\mu\text{m}$	41,6
300 $\mu\text{m}$	30,1
75 $\mu\text{m}$	13,0

#### 4.2 Ligantes asfálticos

Como se explicó anteriormente, se utilizaron dos ligantes asfálticos diferentes. Por un lado se utilizó un asfalto modificado AM3 y por otro lado un asfalto convencional tipo CA-20. A ambos asfaltos, se les realizaron los ensayos de: Determinación de la Viscosidad Rotacional (IRAM 6837), Recuperación Elástica por Torsión (IRAM 6830), Determinación del grado de performance del ligante asfáltico (PG), Realización del ensayo de MSCR (Multi Stress Creep Recovery) (AASHTO T 350). En la Tabla 6, se muestra un resumen con los resultados obtenidos.

Tabla 6. Ensayos sobre asfaltos

Ensayo		Ligante Asfáltico		
		CA-20	AM 3	
Viscosidad [Poise]	60 °C	2471	-	
	135 °C	4,847	54	
	150 °C	2,394	17,128	
	170 °C	1,092	5,954	
	190 °C	-	2,831	
Retorno elástico por torsión [%]		2	75	
PG		58	70	
PG	58 °C	G*	2,50	3,87
		$\delta$ [°]	84,1	65,2
		G*/ sin $\delta$	2,52	4,26
	70 °C	G*	0,453	1,33
		$\delta$ [°]	87,9	67,0
		G*/ sin $\delta$	0,453	1,44
MSCR	J <sub>nr 0.1</sub> (58 °C) [kPa <sup>-1</sup> ]		4,82	-
	J <sub>nr 3.2</sub> (58 °C) [kPa <sup>-1</sup> ]		5,88	-
	J <sub>nr diff</sub> (58 °C) [%]		21,81	-
	J <sub>nr 0.1</sub> (70 °C) [kPa <sup>-1</sup> ]		-	1,43
	J <sub>nr 3.2</sub> (70 °C) [kPa <sup>-1</sup> ]		-	4,15
	J <sub>nr diff</sub> (70 °C) [%]		-	190,68



#### 4.3 Parámetros volumétricos de la mezcla

Debido a que se perseguía que ambas mezclas sean comparables, se buscó que con la misma composición granulométrica y ambos ligantes asfálticos se tenga el mismo porcentaje de vacíos. Luego de una serie de formulaciones, se llegó a utilizar un 6,8 % de ligante asfáltico. A continuación, se presentan en Tabla 7 los parámetros volumétricos obtenidos.

Tabla 7. Parámetros volumétricos

Ensayo	Mezcla asfáltica	
	Con CA-20	Con AM 3
Densidad aparente [g/cm <sup>3</sup> ]	2,398	2,401
Densidad Rice [g/cm <sup>3</sup> ]	2,525	2,529
Vacíos [%]	5,0	5,1
Vacíos del Agregado Mineral [%]	21,4	21,4
Vacíos Ocupados por Betún [%]	76,4	76,3

Es importante destacar, que el porcentaje de vacíos buscado era similar al alcanzado en obra, de manera tal de poder replicar en laboratorio el comportamiento de la mezcla de campo.

#### 4.4 Módulo dinámico resiliente

Se realizó, el ensayo de Módulo dinámico resiliente bajo la norma (UNE-EN 12697-26). Dicho ensayo, no sólo se efectuó según las condiciones de ensayo típicas (20° C – 2 Hz), sino que también se lo amplió al hacer un barrido de frecuencias y un barrido de temperaturas. De esta manera, pudo no sólo observarse la susceptibilidad del módulo dinámico frente a las variaciones de los parámetros antes descriptos sino también, que se construyó una curva maestra.

En la Tabla 8, se presentan los resultados del promedio de las 3 (tres) probetas moldeadas para cada tipo de ligante asfáltico. A simple vista puede detectarse que la MAAC con AM3, posee menor rigidez que la MAAC con CA-20. Asimismo, puede detectarse que el intervalo de valores en el que se encuadra la MAAC con AM3 es menor que en el que se mantiene la MAAC con CA-20, esto quiere decir que la primera presenta menor susceptibilidad térmica con respecto a la segunda.

Tabla 8. Módulo dinámico resiliente

Frecuencia [Hz]	Módulo Dinámico Resiliente [MPa]					
	Con CA-20			Con AM 3		
	5 °C	20 °C	30 °C	5 °C	20 °C	30 °C
0,5	8082	1967	875	5280	1404	853
1,0	9001	2275	976	5976	1626	921
2,0	9898	2891	1004	7080	2064	1025
2,5	10147	3102	1078	7324	2173	1093
4,0	10766	3626	1328	8003	2495	1144

Con los datos obtenidos, se realizaron los cálculos de las curvas maestras de ambos materiales para distintas temperaturas. El ajuste se realizó mediante la utilización de una función sigmoideal.

En la Figura 9 se muestra la curva maestra para la MAAC con CA-20 para una frecuencia dada (2 Hz). En la Figura 10, se muestra la curva maestra para la MAAC con AM 3 bajo las mismas condiciones que la anterior.

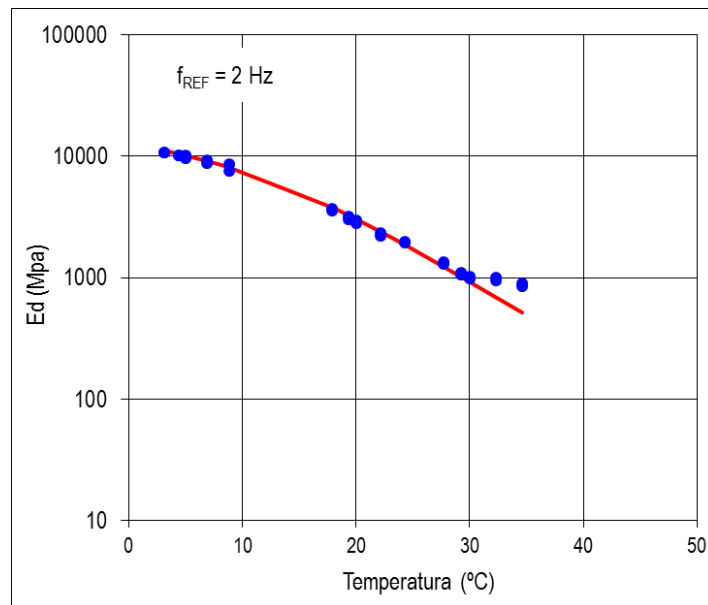


Figura 9. Curva maestra mezcla con CA-20

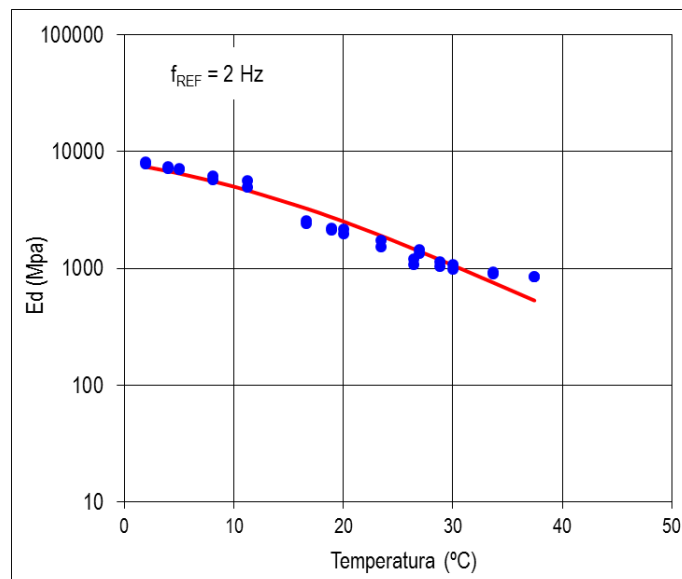


Figura 10. Curva maestra mezcla con AM 3

## 5 Consideraciones finales

Tal como se enunció en el inicio del presente trabajo, existen diferentes métodos para retardar la aparición de fisuración refleja. Es muy importante destacar el término "retardar", ya que es muy difícil predecir que la mencionada falla nunca aparecerá.

Asimismo se observaron ejemplos de la utilización de mezclas del tipo arena asfalto de los últimos seis años. Es importante destacar que en los casos enunciados en el presente trabajo, no se han manifestado casos de fisuración. Asimismo se recomienda realizar el seguimiento por períodos de tiempo prolongados para poder concluir el presente análisis acerca del funcionamiento de este tipo de capas retardadoras de fisuras.

Un caso al que se le debe prestar singular atención es al de la Ruta Provincial N° 75, ya que muchos de los caminos de nuestro país presentan situaciones similares. En diversas ocasiones, se intentan retirar las bases no ligadas (las cuales en realidad no presentan fallas) aumentando los costos de las obras y generando, en muchas ocasiones, malas condiciones de apoyo.

Asimismo se destaca que hay que conocer y estudiar el estado y composición de las bases no ligadas presentes, ya que muchas de las rutas de nuestro país fueron construidas en la década de 1970 con el auge de las bases de Tosca-Arena-Asfalto, de excelente comportamiento dada por su alta rigidez, lo que facilitó la absorción y disipación de tensiones generadas por el tránsito. Muchas de estas bases han visto agotada su capacidad para disipar las cargas, manifestándose como un proceso de fatiga en las mismas, con la aparición de fisuras reflejas en las capas de rodamiento. Por dicho motivo es en estos casos, conveniente su reemplazo para evitar la continua y sistemática reparación de la calzada.

Por otro lado, y de los ensayos de laboratorio realizados, pudo observarse, como era de esperar, un mejor comportamiento de la mezcla tipo arena asfalto con AM3. Dicho material presentó una rigidez menor que la mezcla con CA-20. Debe recordarse que el objeto de las arenas asfalto es ser materiales deformables, de manera de retrasar la fisuración refleja. Asimismo se detectó la menor susceptibilidad térmica de la mezcla a bajas temperaturas con AM3 (producto del asfalto utilizado). Ese efecto resulta beneficioso, ya que se busca que la mezcla no se rigidice al disminuir la temperatura.

Si tenemos en cuenta que el costo de los asfaltos modificados es mayor que el de los ligantes convencionales, y si se arriba a que la vida útil alcanzada mediante la utilización de estos últimos es aceptable, podría lograrse una reducción de costos de intervención anticipada notable y un mejor aprovechamiento de recursos en nuestras obras. Asimismo se destaca, que al tratarse las arenas asfalto de materiales deformables, se debe estudiar su comportamiento frente al ahuellamiento.

## 6 Referencias

- [1] Ogundipe, O. M. (2011). Mechanical behaviour of stress absorbing membrane interlayers. Nottingham.
- [2] Bravo Molina, L. S., Ortega Bohórquez, D. C., & Torra Calderón, G. R. (2008). Capas anti-reflejo de fisuras en pavimentos. Bucamaranga: Universidad Industrial de Santander - Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas.
- [3] RILEM. (2005). Rilem Report 18 - Prevention of reflective Cracking in Pavements. Londres: Taylor & Francis e-Library.
- [4] Dirección Nacional de Vialidad. (2017). Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Mezclas Arena Asfalto en Caliente y Semicaliente.
- [5] CEAMSE. (2010). Pliego de Especificaciones Técnicas - Camino Parque del Buen Ayre.
- [6] Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires. Pliego de Especificaciones Técnicas: Rehabilitación y Refuerzo estructural en RP N° 6 - Tramo RP 24 - RN 8.
- [7] Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires. Pliego de Especificaciones Técnicas: RP N° 75 - Repavimentación y alteo.