



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

PAVIMENTANDO
EL CAMINO
HACIA UN
FUTURO
SOSTENIBLE



**SEMINARIO INTERNACIONAL DEL
ASFALTO**

9 al 11 de Octubre, 2024, Monterrey, N.L.

**PAVIMENTOS ASFÁLTICOS CON APORTE DE RAP:
ESTADO DEL ARTE, NUEVAS TENDENCIAS Y EXPERIENCIAS EN EL CONO SUR
DE AMÉRICA**

Dr. Ing. Hugo Daniel Bianchetto



DR. ING. HUGO DANIEL BIANCHETTO

PROFESOR – INVESTIGADOR
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL – ARGENTINA



hdbianchetto60@gmail.com



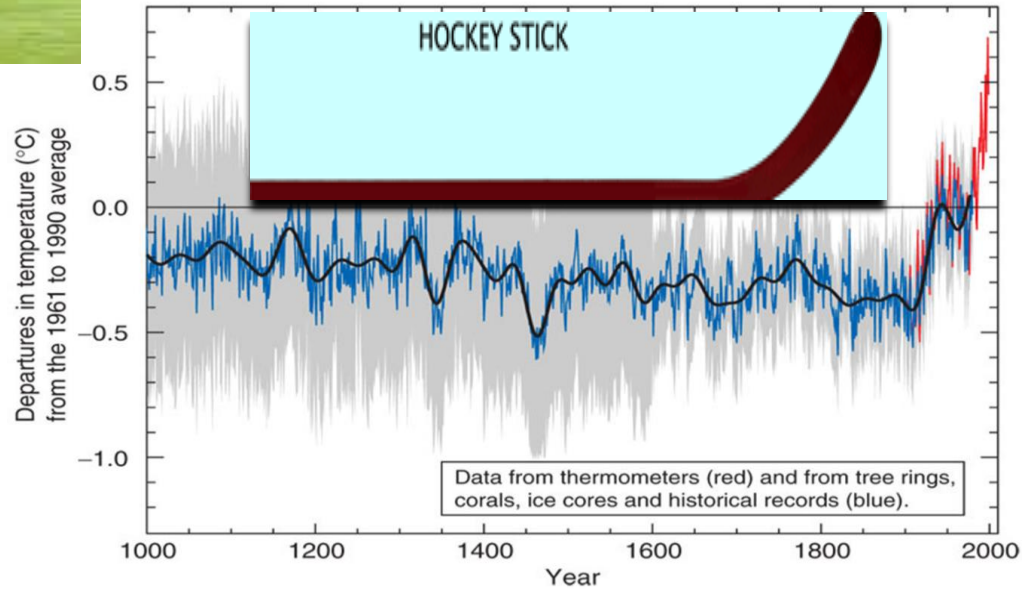
TEMARIO

- * Introducción. Deterioro y Rehabilitación de Pavimentos
- * Reciclados en caliente
- * Reciclados en caliente en planta
- * Ventajas y limitaciones del reciclado. Características del RAP
- * Reciclados en caliente: estado del arte, nuevas tendencias y experiencias en el Cono Sur de América
 - * Argentina: panorama general. Experiencias, casuística. Normativa vigente. Comparativa con EEUU y Europa
 - * Uruguay, Chile y Paraguay: panorama general



Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

El palo de hockey



Un pavimento puesto en servicio comienza a deteriorarse
En el caso de los pavimentos asfálticos las fallas más habituales son:

☀ Deformaciones plásticas



☀ Fisuración por retracción térmica



☀ Fisuración por fatiga



Cuando el pavimento ha agotado gran parte de su vida útil pueden aplicarse esencialmente dos técnicas:

- Refuerzos mediante nuevas capas

- La ejecución de un reciclado en parte de la estructura

Haremos un breve repaso de estas últimas, en función de cómo se han venido empleando en Argentina.

Se hará hincapié en las particularidades operativas y en los errores más comunes durante los procesos constructivos

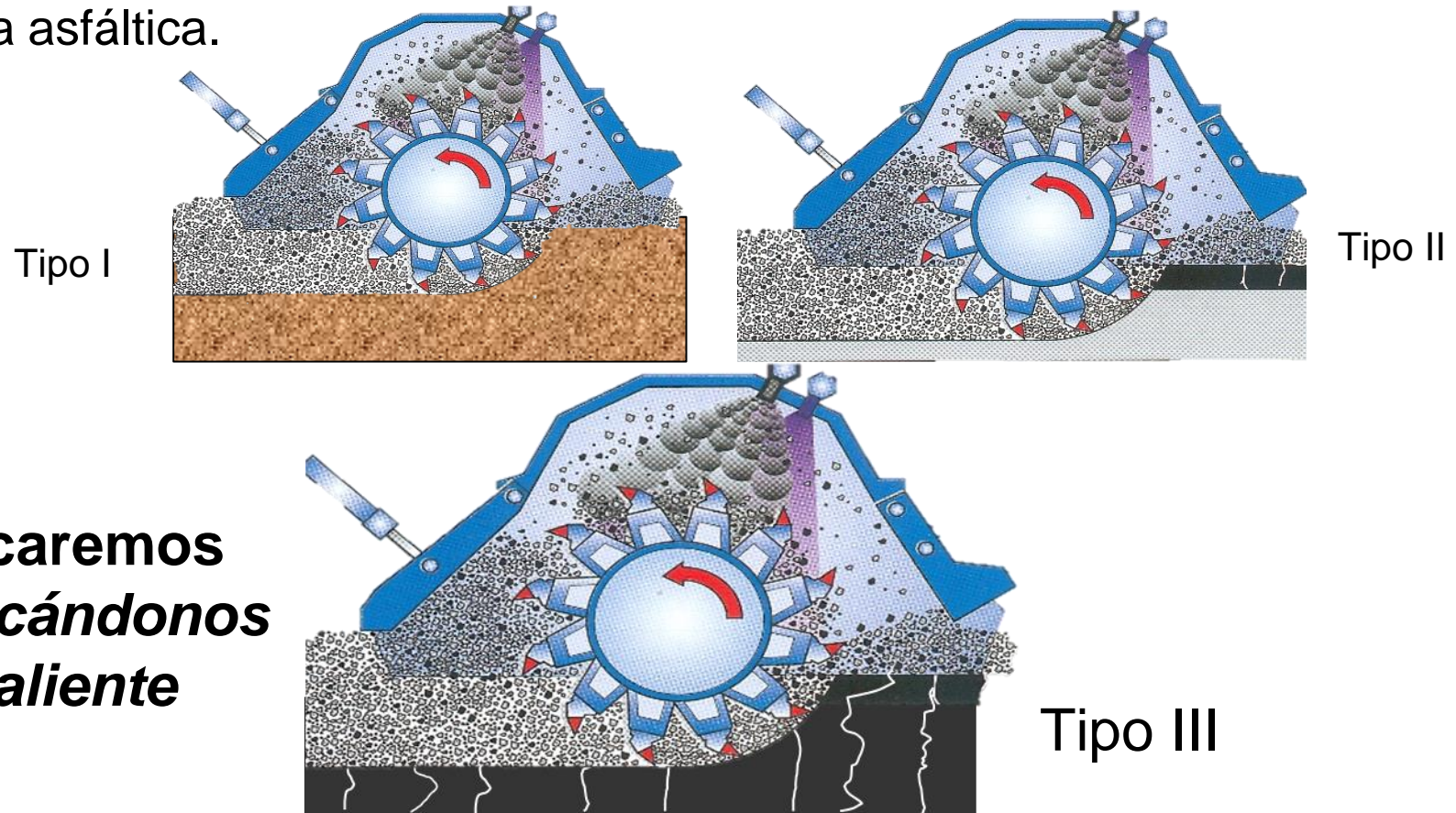


Clasificación según el material a reciclar que se utilice

Tipo I: recicla los materiales que no están tratados con ligantes bituminoso.

Tipo II: el material reciclado incluye capas que contienen ligante bituminoso y capas tratadas con ligantes hidráulicos y/o sin ningún tipo de tratamiento.

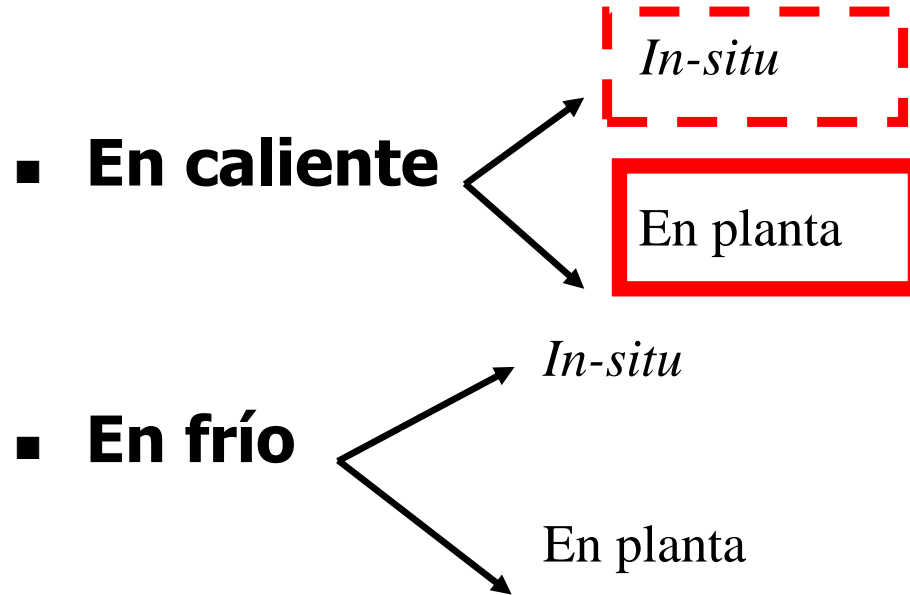
Tipo III: el material utilizado para reciclar esta constituido únicamente por capas de mezcla asfáltica.



En esta charla abarcaremos sólo el *Tipo III*, enfocándonos en las mezclas en caliente



Clasificación según la temperatura y sitio de producción





Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente in situ



- **Termorreperfilado**
(sin materiales de aportación)
- **Termorregeneración**
(con una cierta cantidad de materiales de aportación)
- **Remezclado**
(con aportación de mezcla bituminosa nueva que se mezcla con el preexistente)



Proceso mediante el cual se elaboran mezclas bituminosas con:

➤ Materiales recuperados de capas bituminosas de pavimento deteriorados



RAP

➤ Áridos vírgenes



6-20

6-12



0-6



Filler y cal

➤ asfalto nuevo y/o agentes rejuvenecedores



Nuevas mezclas en caliente que cumplan con los requerimientos de calidad, resistencia y durabilidad exigidos para el tipo de capa en que serán utilizados.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente en Planta



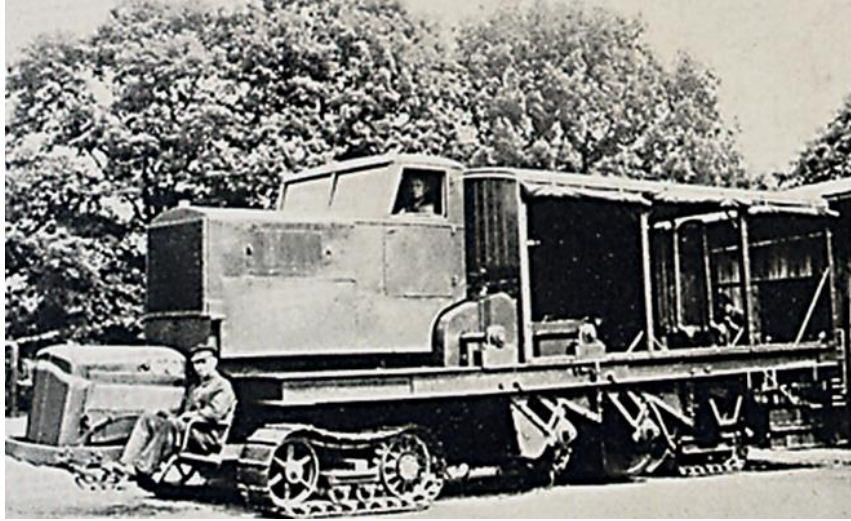
SEMINARIO INTERNACIONAL DEL ASFALTO





Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente en Planta





Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente en Planta





- * **Usinas discontinuas**
- * **Usinas continuas de tambor secador-mezclador**
 - **de tambor secador-mezclador**
 - **de tambor secador y con mezclador externo**

En cualquiera de ellas se pueden elaborar mezclas de alta calidad utilizando RAP siempre y cuando se tomen ciertas precauciones para evitar problemas relacionados con el uso del material reciclado.



Usina continua de tambor secador-mezclador





Transporte, puesta en obra y compactación de mezclas asfálticas recicladas en caliente en planta



Para el transporte, puesta en obra y compactación de las mezclas recicladas en caliente en planta, se utilizan los mismos procedimientos y equipos que se emplean cuando se trata de mezclas convencionales



VENTAJAS DEL RECICLADO

- Economía, debido a la reutilización del material existente
- Minimizar el transporte de materiales pétreos vírgenes
- Generalmente, menor necesidad de ligante
- Reducir la contaminación ambiental (optimización de recursos naturales no renovables)
- Evitar la problemática de la gestión del material fresado como residuo

DESVENTAJAS / LIMITACIONES DEL RECICLADO

- Diseño
- RAP heterogéneo
- Un material más en planta (el RAP)
- Controles de calidad más exhaustivos



Dependen de:

La capa del pavimento a fresar

Homogeneidad

Envejecimiento del ligante

Características de los áridos espesor de la actuación

Temperatura del pavimento

Particularidades del equipo fresador

Velocidad de avance y potencia

Tipo de rotor y sentido de giro

Espaciamiento y estado de las picas





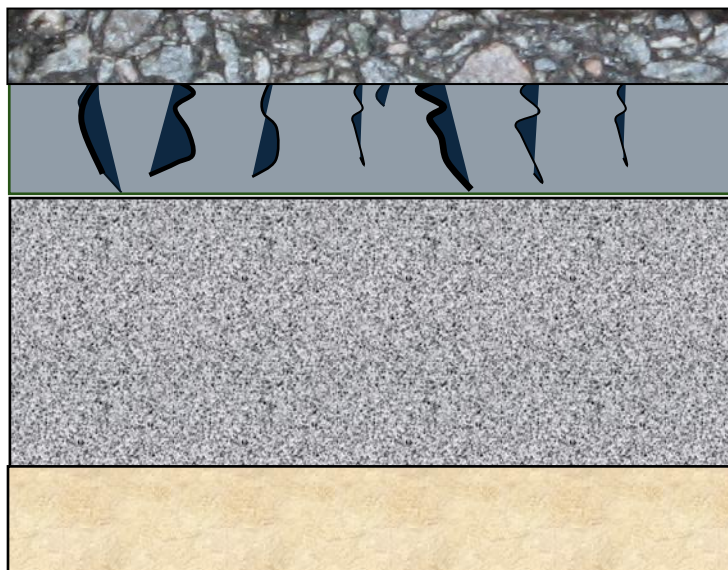
Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

Estado del arte, nuevas tendencias y experiencias en el Cono Sur de América



Refuerzo de nuevas capas

Sin eliminar la capa deteriorada



Panorama en Argentina:

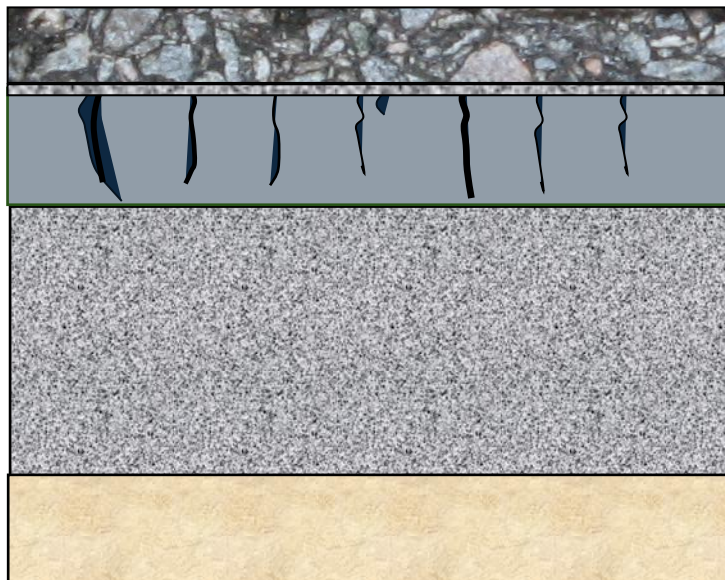
Práctica muy común.

Algunos errores habituales:

- * Fresado inadecuado o inexistente (para nivelación, eliminación de fisuras u otros deterioros superficiales)
- * Mala ejecución de bacheos y sellado de fisuras
- * Riegos de liga: dotación, distribución, corte emulsión

Refuerzo de nuevas capas

Sin eliminar la capa deteriorada; con sistemas retardadores de fisuras

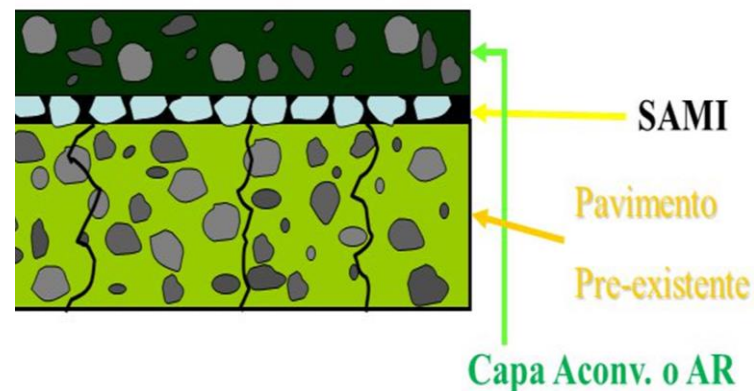


Panorama en Argentina:

Práctica utilizada, en pavimento rural y urbano.

Algunos errores habituales:

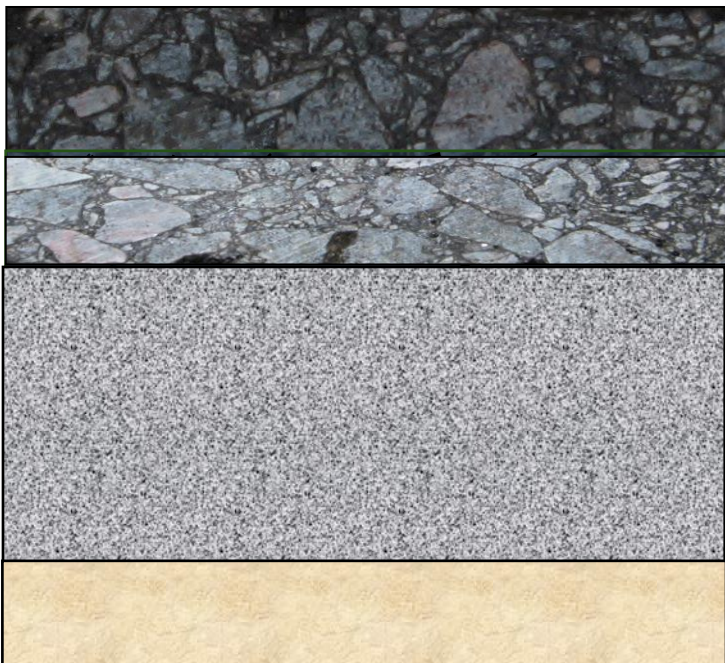
- * Mala ejecución de bacheos y sellado de fisuras
- * Riegos de liga: dotación, distribución, corte emulsión
- * Distribución de membranas SAMI (arena-asfalto, geotextil impregnado, malla) inapropiada





Refuerzo de nuevas capas

Eliminando la capa deteriorada (la cual va a botadero)



Panorama en Argentina:

Práctica común hasta hace unos años.

Algunos errores habituales:

- * Fresado irregular
- * Gestión del residuo (RAP)
- * Mala o nula ejecución de bacheos y sellado de fisuras necesarios en la capa inferior
- * Riegos de liga: dotación, distribución, corte emulsión

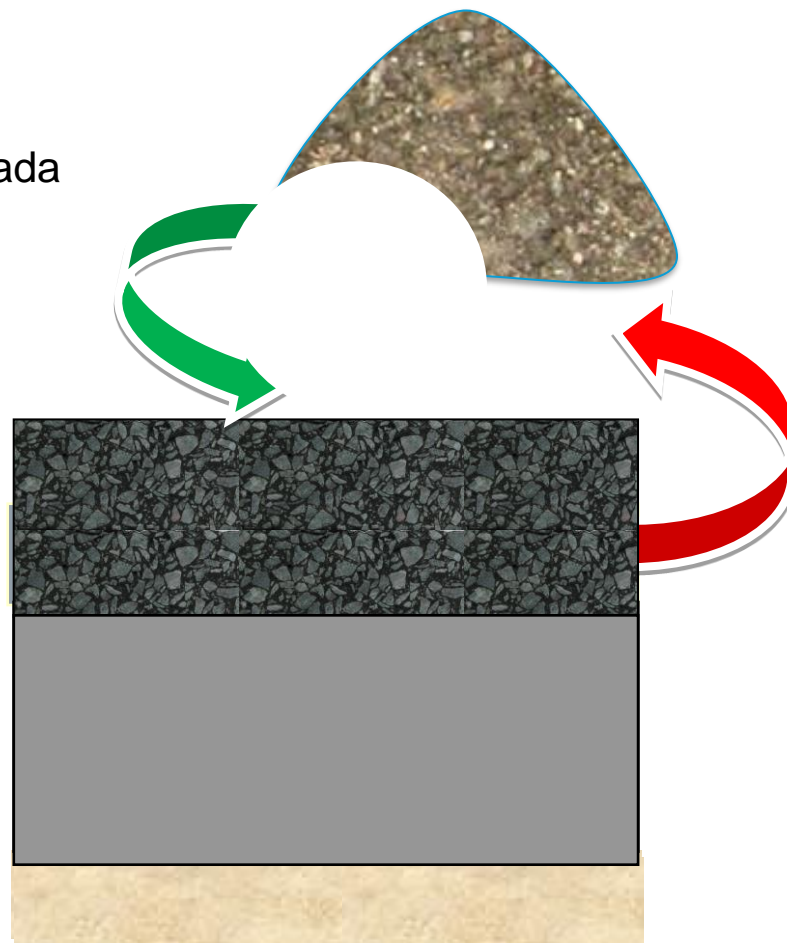


Reciclado

Reciclando parte de la capa deteriorada



In situ



En planta

Panorama en Argentina:

In situ: práctica no extendida para mezclas en caliente, pero existen tramos ejecutados con esta tecnología.

En planta en caliente: se viene utilizando desde hace más de 20 años, aunque no es todavía de empleo masivo.

A partir de 2017, nuevas especificaciones de DNV, pero sólo para mezclas densas con RAP convencional:

Ámbito aplicación: 10-50% de RAP
<10% RAP ninguna consideración

En estudio: RAP de mezclas modificadas ("RMAP") para:

- mezclas convencionales
- mezclas modificadas

En evaluación: tipología WAM-RAP



Reciclado (reutilización).

Panorama en Argentina:

En planta en caliente:

Algunos errores habituales:

- * Fresado irregular; gestión del residuo (RAP); mala o nula ejecución de bacheos y sellado de fisuras necesarios en la capa inferior; riegos de liga inadecuados: dotación, distribución, corte emulsión
- * No cumplir las exigencias que el Pliego mantiene para mezclas con <10% de RAP
- * Falta de control estricto acerca del tamaño máximo del RAP a incorporar (≤ 30 mm), o lo que establezca el PETP de la obra.
- * No se cuidan exigencias de acopio de RAP: no utilizar los 15 cm inferiores si se asienta sobre terreno, no superar 3 m de altura y no tener más de 220 toneladas
- * No mantener cubiertos los acopios de RAP y con circulación de aire (para resguardo de las lluvias; casi invariablemente están a la intemperie).
- * No suelen hacerse todos los ensayos especificados a los áridos recuperados del RAP y a la combinación con los áridos vírgenes y/o no se realizan con la frecuencia que un material heterogéneo como el RAP lo requiere
- * No ajustar la producción a las particularidades que impone la incorporación de RAP.
- * Forzar a la usina a mayor proporción de RAP que el que puede admitir.
- * La mezcla resultante no se elabora correctamente y se producen deterioros en las instalaciones



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Argentina



SEMINARIO INTERNACIONAL DEL ASFALTO

Experiencias en Argentina

Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente *in situ*





Experiencias en Argentina

Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente *in situ*





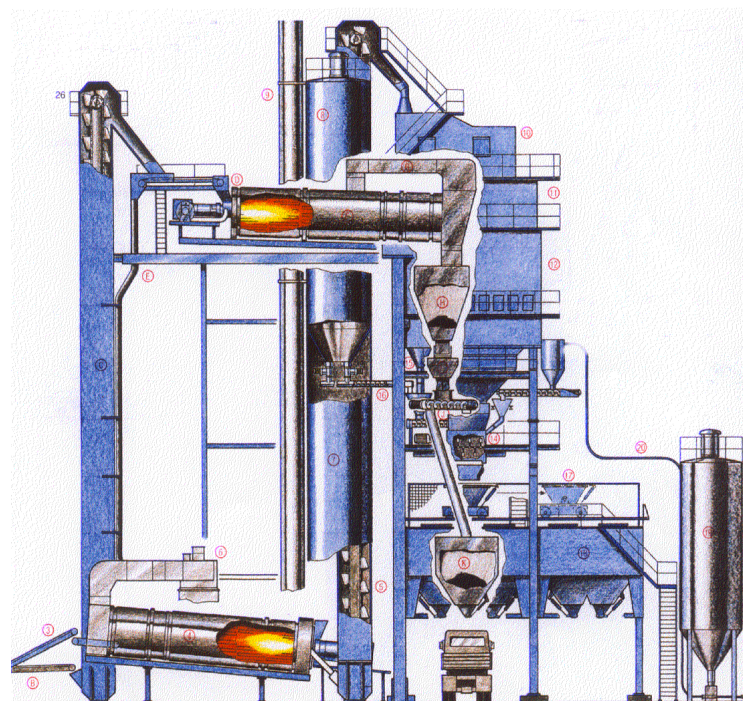
Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Argentina



Experiencias en Argentina

Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente en planta



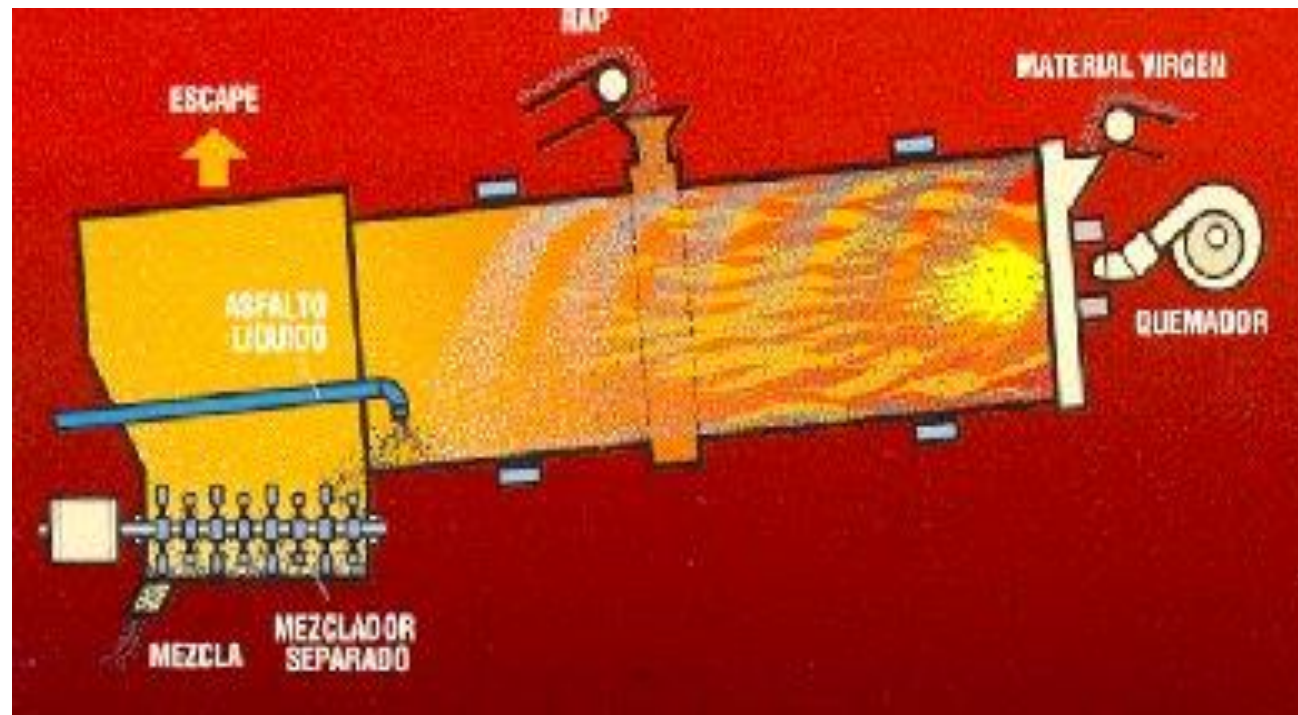
Es un sistema caro pero efectivo. Se pueden utilizar proporciones de RAP del 35 al 40%.

Hay plantas de este tipo en Argentina (ver Caso 3)

Experiencias en Argentina

Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente en planta

Las plantas con mezclador de flujo paralelo con un tambor con anillo de entrada central no han sido eficientes y han incumplido las estrictas normas de emisión de gases.

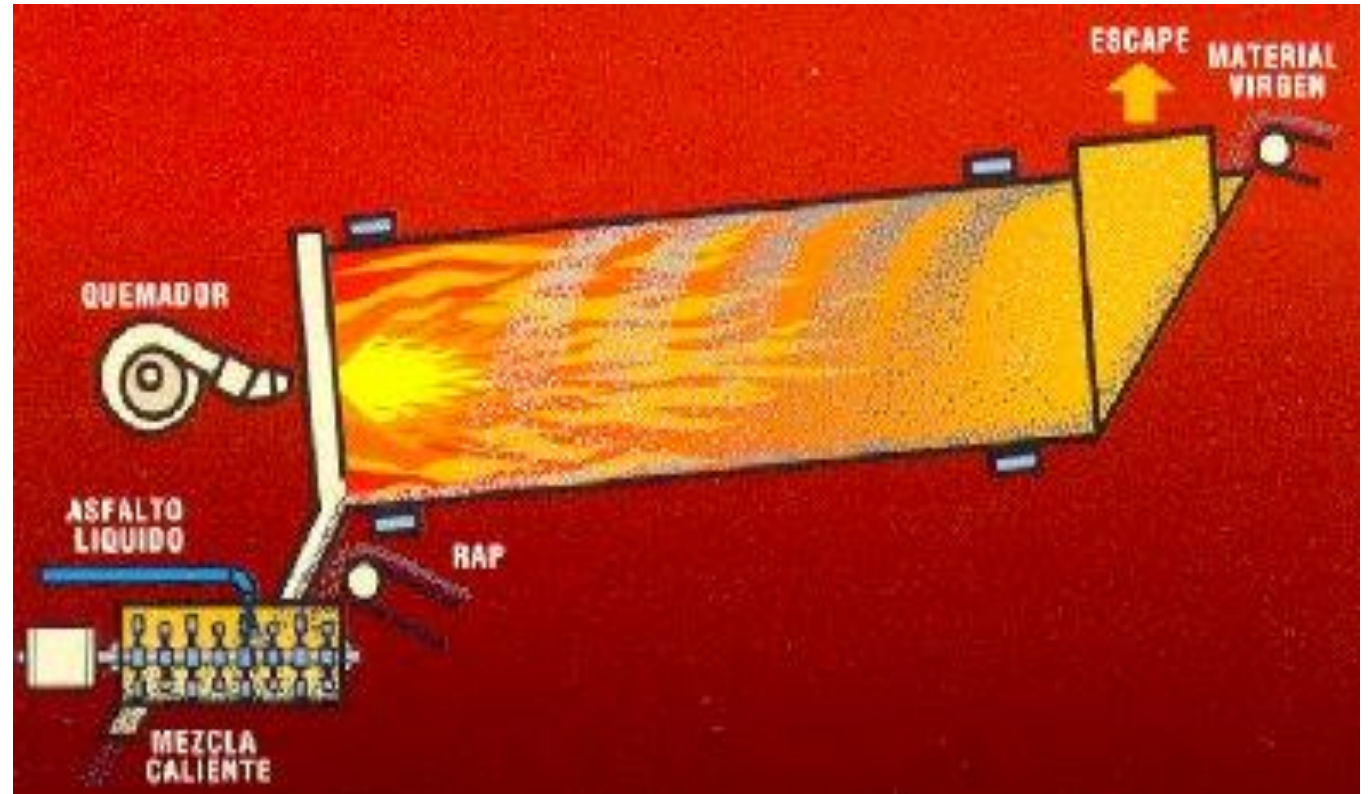


No son de uso habitual en Argentina, ni siquiera aquellas no preparadas para el ingreso de RAP en general

Experiencias en Argentina

Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente en planta

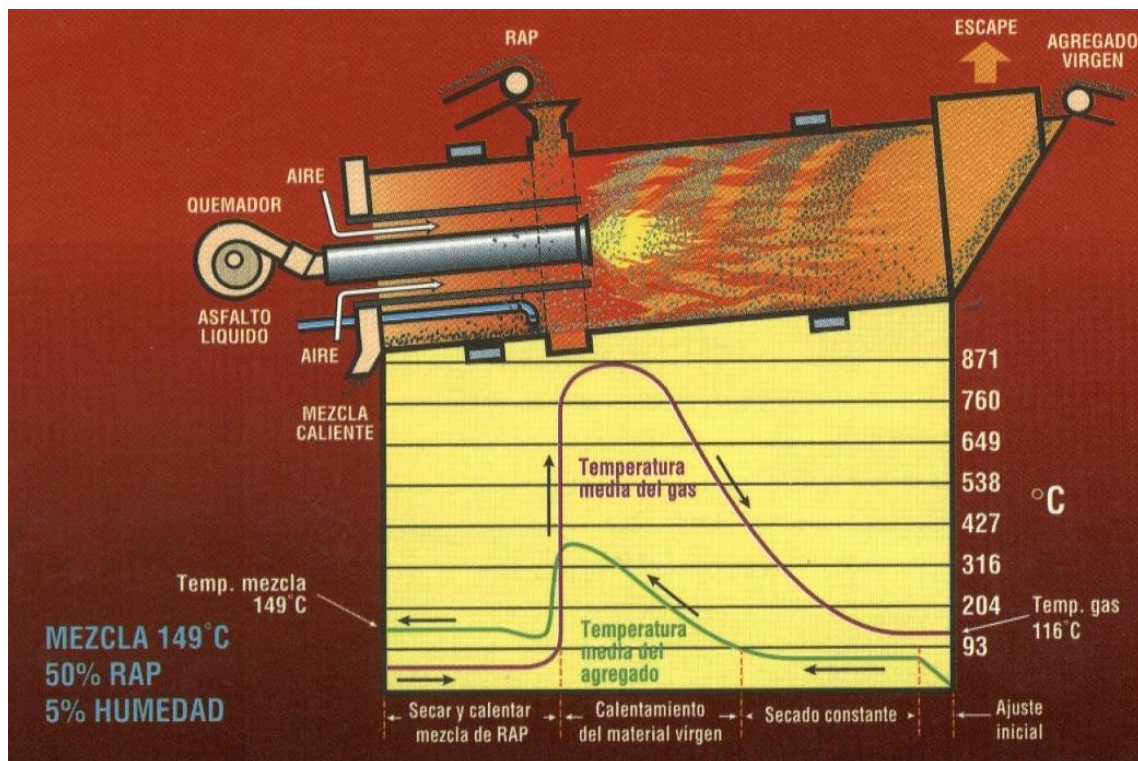
Secador de contra flujo con mezclador independiente Podía utilizar 40-50% de RAP sin producir humo. Sin embargo, no llegó a superar las normativas.



Hay plantas de este tipo en Argentina, pero no se han usado para mezclas con RAP

Experiencias en Argentina

Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente en planta



Tambor-secador-mezclador de contra flujo. Son las plantas continuas más utilizadas en Argentina, incluyendo las aptas para ingreso de RAP.

Han manifestado limitaciones de uso de porcentajes de RAP.



Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

Argentina



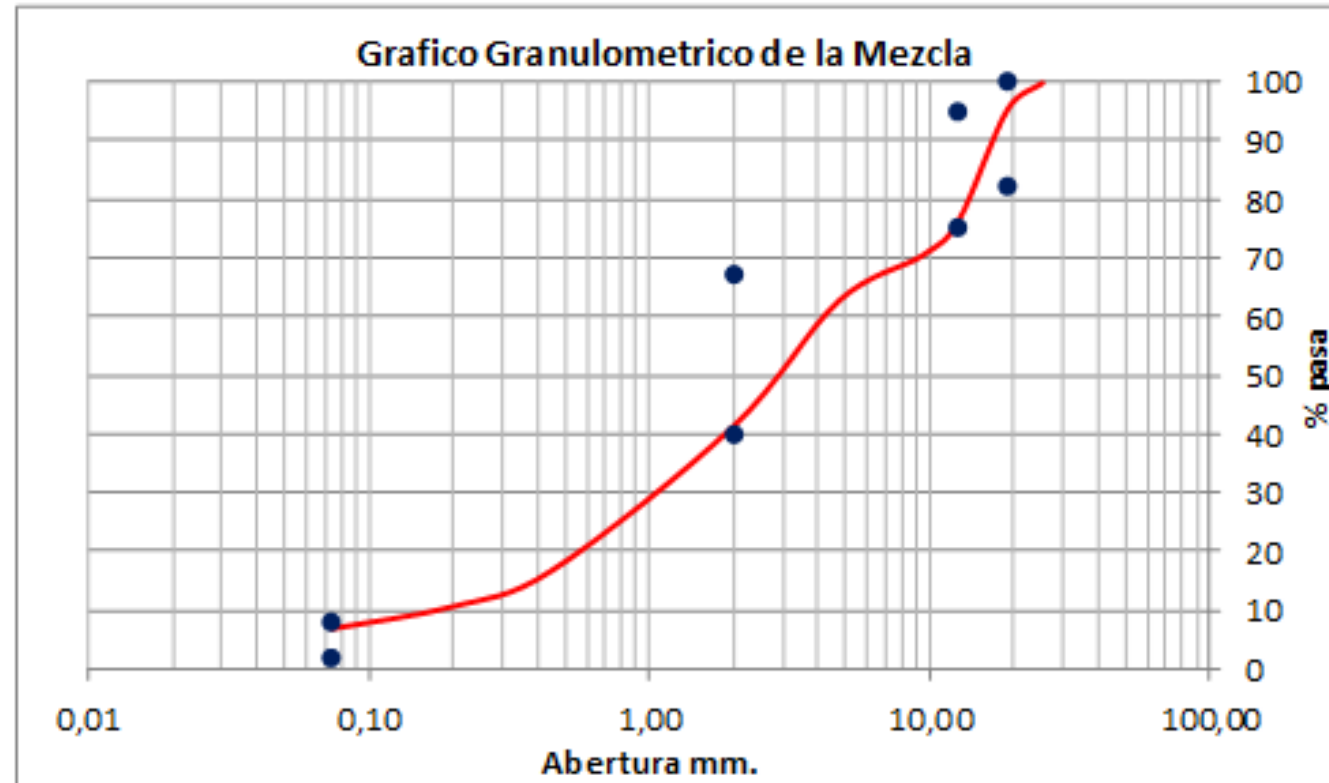
Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 1: Mezcla densa con 10% de RAP de la misma obra

Ruta en Provincia de Buenos Aires, año 2014

Planta continua, tambor secador-mezclador, contraflujo

Agregado	%
6 -20	29,5
0 - 6	59,5
Fíller (cal)	1
RAP	10
TOTAL	100



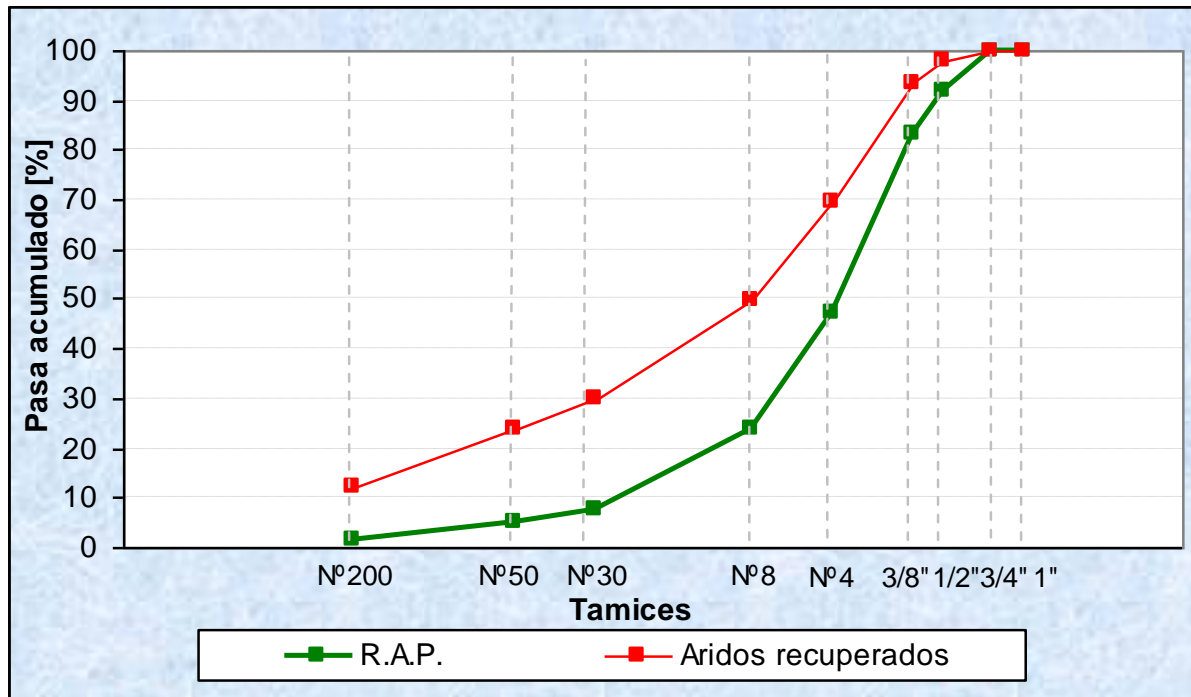
Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 1: Mezcla densa con 10% de RAP de la misma obra

Ruta en Provincia de Buenos Aires, año 2014

Planta continua, tambor secador-mezclador, contraflujo

RAP



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 1: Mezcla densa con 10% de RAP de la misma obra

Ruta en Provincia de Buenos Aires, año 2014

Planta continua, tambor secador-mezclador, contraflujo



Ligante asfáltico recuperado del RAP	[%]	4,6
--------------------------------------	------	-----

ENSAYO	RESULTADOS PROMEDIO	
	Recuperado	Dosificación *

Penetración a 25°C (100 g, 5 seg)	[0.1 mm]	15
Punto de ablandamiento (A y B)	[°C]	71

60°C	80°C	100°C	135°C	150°C
------	------	-------	-------	-------

Viscosidad Dinámica Brookfield	[Poises]	67800	4370	393,0	22,0	9,0
--------------------------------	----------	-------	------	-------	------	-----



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 1: Mezcla densa con 10% de RAP de la misma obra

Ruta en Provincia de Buenos Aires, año 2014

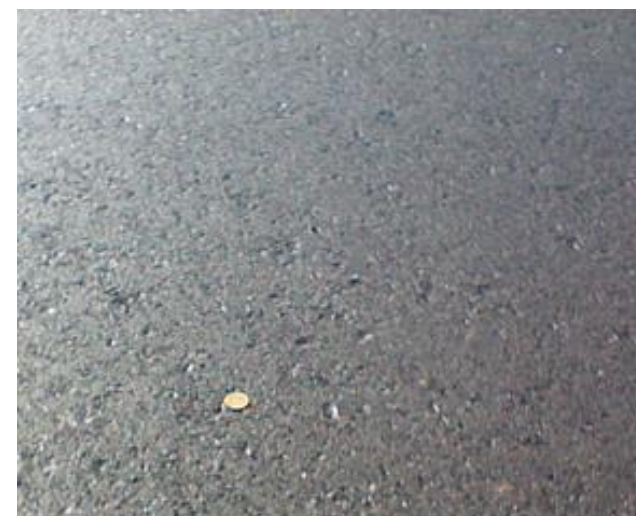
Planta continua, tambor secador-mezclador, contraflujo



Dosificación

Contenido de cemento asfáltico : 5,0%

Parámetro	Valor (aprox.) según gráfica de dosificación	Valores Pliego	
		Mínimo	Máximo
Vacíos (%)	4,0	3	5
Relación B/V (%)	76	70	80
Estabilidad (Kg)	1017	800	--
Relación E/F (Kg/cm)	2930	2500	4000





Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

Argentina



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

**Caso 1: Mezcla densa con 10% de RAP de la misma obra
Ruta en Provincia de Buenos Aires, año 2014
Planta continua, tambor secador-mezclador, contraflujo**





Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Argentina



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

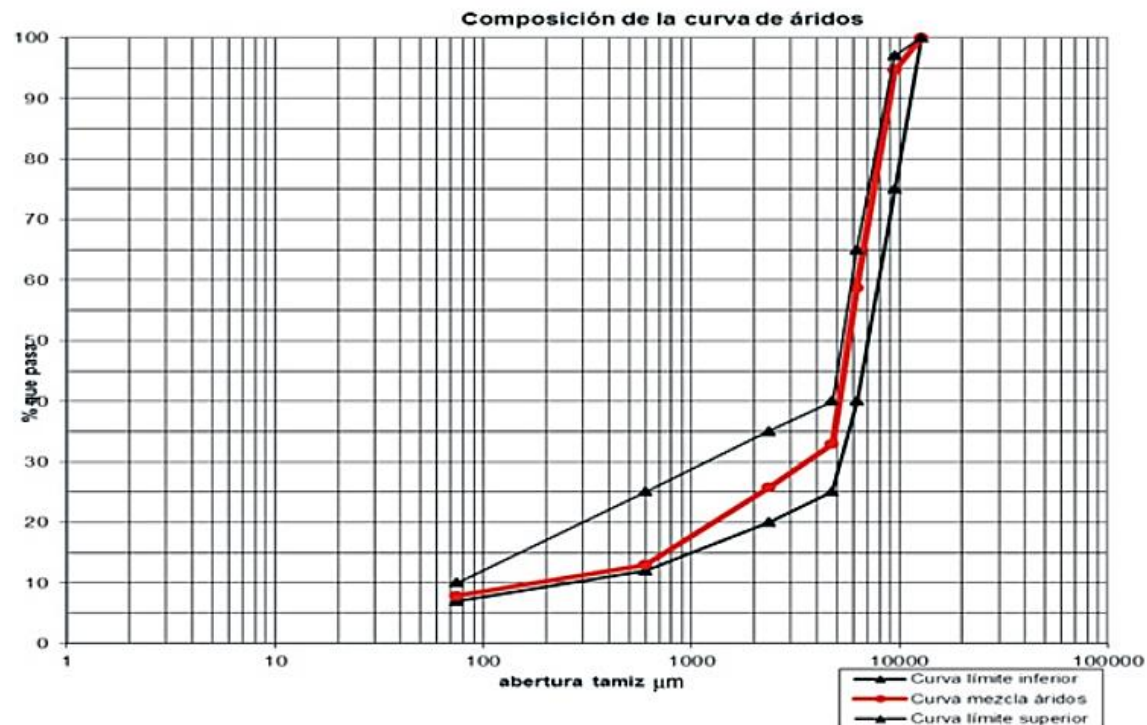
**Caso 1: Mezcla densa con 10% de RAP de la misma obra
Ruta en Provincia de Buenos Aires, año 2014
Planta continua, tambor secador-mezclador, contraflujo**



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 2: estudios realizados por Jair y Damián (2021) para diseño de:

- MACF10R-AM3 con aporte de RAP de MACF10-AM3 (2001) al 20% (MACF10R20-AM3)
- MACF10R-AM3 con aporte de RAP de una SMA19-AM3 (2005) al 44% (MACF10R44-AM3)
- MACF10R20-AM3LT, variante “tibia”, aúna ambas tecnologías (WAM-RAP)





Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 2: estudios realizados por Jair y Damián (2021) para diseño de:

- MACF10R-AM3 con aporte de RAP de MACF10-AM3 (2001) al 20% (MACF10R20-AM3)
- MACF10R-AM3 con aporte de RAP de una SMA19-AM3 (2005) al 44% (MACF10R44-AM3)
- MACF10R20-AM3LT, variante “tibia”, aúna ambas tecnologías (WAM-RAP)

Evaluación de materiales Granulometrías RAPs

Proveniente de MACF10-AM3 (2001)

Tamiz [pulg]	Tamiz [mm]	% que pasa	Tamiz [pulg]	tamiz [mm]	% que pasa
1 / 2 "	12.50	99.2	1 / 2 "	12.50	100
3 / 8 "	9.50	90.4	3 / 8 "	9.50	100
1/4"	6.35	64.1	1/4"	6.35	87.80
N ° 4	4.75	48.6	N ° 4	4.75	71.70
N ° 8	2.38	35.6	N ° 8	2.38	52.50
N ° 16	1.18	29.1	N ° 16	1.18	41.60
N ° 30	0.60	22.3	N ° 30	0.60	34.40
N ° 50	0.30	18.3	N ° 50	0.30	28.30
N° 100	0.15	13.8	N° 100	0.15	22.0
N° 200	0.075	9.9	N° 200	0.075	17.30

Proveniente de SMA19-AM3 (2005)



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 2: estudios realizados por Jair y Damián (2021) para diseño de:

- MACF10R-AM3 con aporte de RAP de MACF10-AM3 (2001) al 20% (MACF10R20-AM3)
- MACF10R-AM3 con aporte de RAP de una SMA19-AM3 (2005) al 44% (MACF10R44-AM3)
- MACF10R20-AM3LT, variante “tibia”, aúna ambas tecnologías (WAM-RAP)

Evaluación de materiales

Caracterización de ligantes recuperados de RAP

	RAP MACF10-AM3		RAP SMA19-AM3	AM3 virgen
Contenido de asfalto, % s/m	4.9		5,98	--
Propiedades blend asfaltos	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	
Penetración (25 °C, 100g, 5s), d mm	47	50	53	68
Punto Ablandamiento, °C	71	70,1	70,8	70
Recuperación elástica torsional (25°C), %	39	61,1	65,0	77
Viscosidad Brookfield (a 170°C) mPa s	366	350	370	--
	Viscosidad Brookfield (a 135°C) mPa s			5075



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

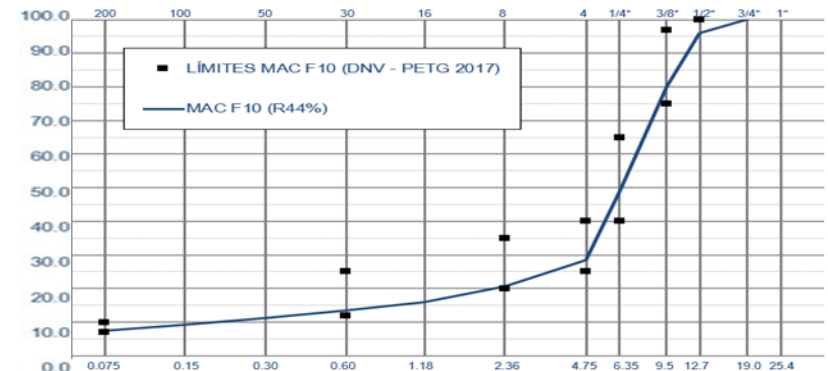
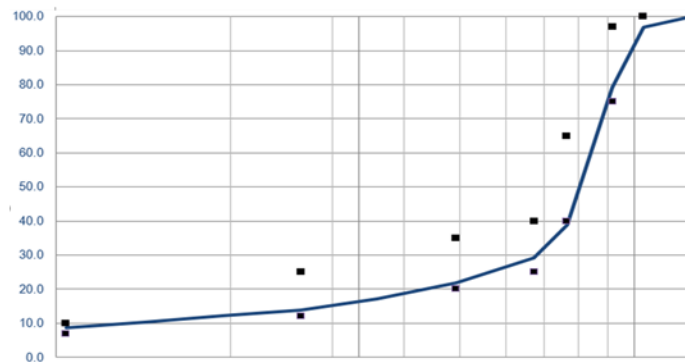
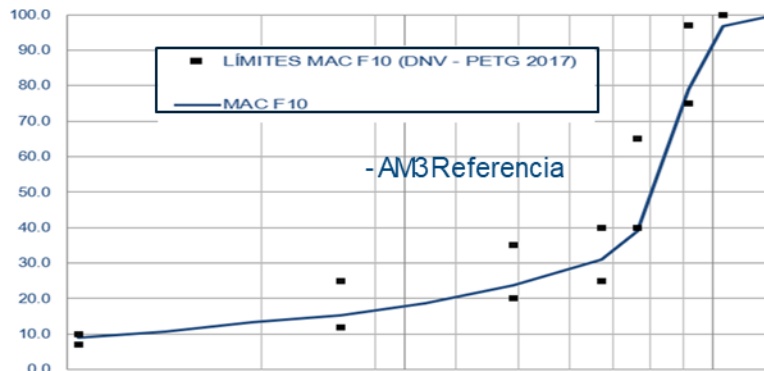
Caso 2: estudios realizados por Jair y Damián (2021) para diseño de:

- MACF10R-AM3 con aporte de RAP de MACF10-AM3 (2001) al 20% (MACF10R20-AM3)
- MACF10R-AM3 con aporte de RAP de una SMA19-AM3 (2005) al 44% (MACF10R44-AM3)
- MACF10R20-AM3LT, variante “tibia”, aúna ambas tecnologías (WAM-RAP)

Material	MAC F10-AM3 Ref.
6 -12	67.2
0 - 3	20.9
Fíller (calizo)	5.7
Fíller (cal)	1.0
Ligante virgen AM3	5.2

Material	MAC F10 R20-AM3
6 -12	60.8
0 - 3	9.4
Fíller (calizo + cal)	4.7 + 1.0
RAP F10 (2001)	20.0
Ligante Virgen AM3	4.1
(ligante RAP)	(1.1)

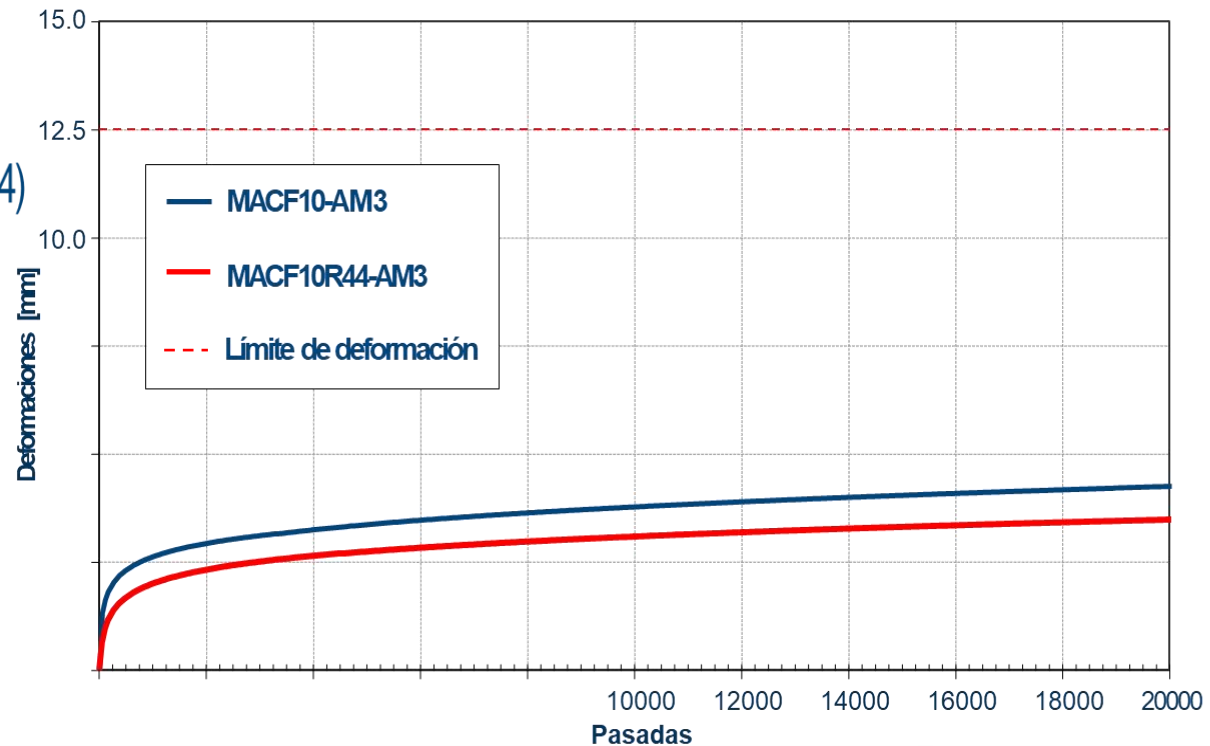
Material	MAC F10 R44-AM3
6 -12	49.8
0 - 3	- -
Fíller (calizo + cal)	3.0 + 1.0
RAP SMA19 (2005)	44.0
Ligante virgen AM3	2.9
(ligante RAP)	(2.4)



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 2: estudios realizados por Jair y Damián (2021) para diseño de:

- MACF10R-AM3 con aporte de RAP de MACF10-AM3 (2001) al 20% (MACF10R20-AM3)
- MACF10R-AM3 con aporte de RAP de una SMA19-AM3 (2005) al 44% (MACF10R44-AM3)
- MACF10R20-AM3LT, variante “tibia”, aúna ambas tecnologías (WAM-RAP)



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 3: mezcla con aporte de RAP para base granular asfáltica de gran espesor (Daguerre, Larsen, Williams, Frígoli, Mule):

- mezcla densa elaboradas en caliente con un 20% de material reciclado (RAP), y colocada en una única pasada de 18cm de espesor (en lugar de 3 capas de 6 previstas). Usina discontinua, capacidad 150 t/hora
- En Autopista Camino del Buen Ayre, Provincia de Buenos Aires (2017); se intervino el carril medio-lento

Intervención realizada

CARRIL MEDIO - LENTO

EXISTENTE

CONSTRUIDO

Cota Proyecto
+ 10 cm

5 cm SMA 19mm

Cota actual +0,0

6 cm CAC
(a fresar)

9 cm, CAC
D19 con AM3

16 cm
Tosca Arena
Asfalto
(a fresar)

18 cm Base
Granular
c/ 20%RAP
Clasific. CA 30

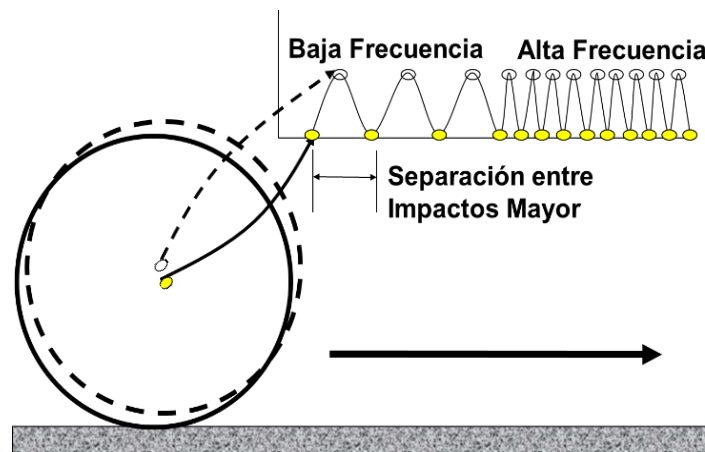


Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 3: mezcla con aporte de RAP para base granular asfáltica de gran espesor

Aspectos constructivos:

- El alto espesor (18 cm), en que ha sido colocada la capa inferior, posibilita el acortamiento de los plazos de obra, generando ventajas económicas – operativas
- El empleo de rodillos lisos con posibilidad de emplear compactación inteligente oscilatoria fue fundamental para garantizar los resultados alcanzados en tal espesor.



- Evaluando el proceso integrador durante la elaboración, puesta en obra y recepción de la mezcla asfáltica y siguiendo en forma estricta el cumplimiento del plan de calidad propuesto, se han obtenido resultados de ensayos que hacen factible el empleo y la colocación de la mezcla asfáltica en elevado espesor. Los buenos resultados obtenidos se corroboraron con la determinación de vacíos y del módulo dinámico resiliente.



Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

Argentina



SEMINARIO INTERNACIONAL DEL ASFALTO

Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística Caso 4: estudios de RAP de mezclas asfálticas modificadas ("RMAP")

El fin de la vida útil de capas de rodamiento fabricadas con mezclas modificadas con polímeros



Microaglomerado F10, urbano. La Plata, 1996



Densa CAC 12 AM-3, autódromo. Olavarría, 1997

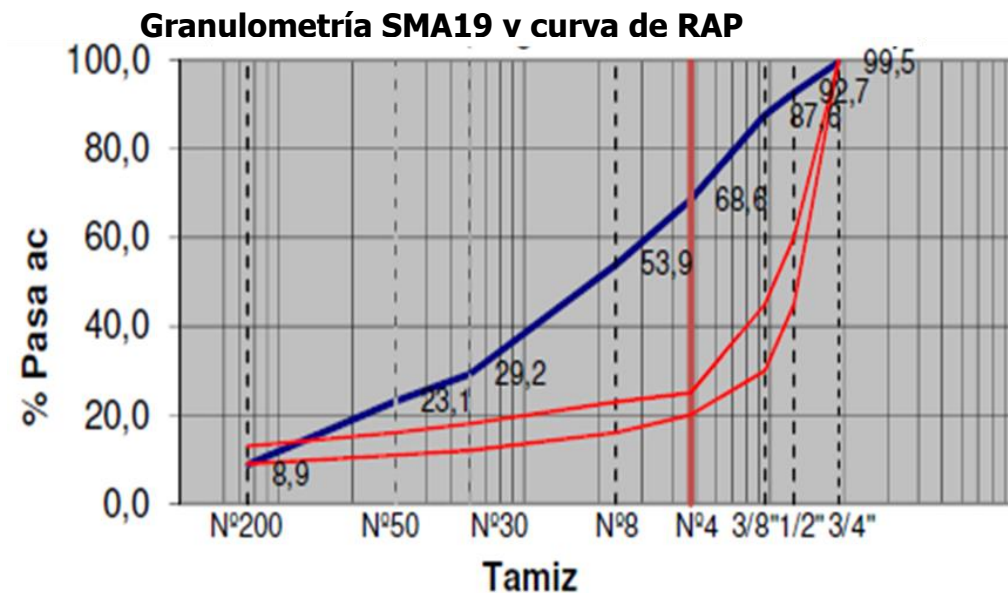
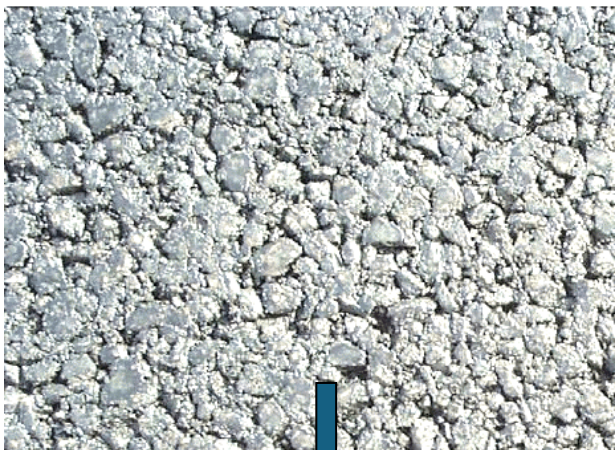


SMA 12 con AM-3, autopista. Buenos Aires, 2007

Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 4: estudios de RAP de mezclas asfálticas modificadas ("RMAP")

Se están empezando a rehabilitar pavimentos elaborados con mezclas modificadas. El RAP que se obtiene es especial, pues los asfaltos mantienen parte de su "actividad" polimérica a pesar de su envejecimiento



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 4: estudios de RAP de mezclas asfálticas modificadas ("RMAP")

"RMAP": RAP derivado de una mezcla asfáltica con asfalto modificado, por lo cual se emplea "M".



Tipo de RMAP	Capa de procedencia	Ubicación de la Obra	Tipo de vía	Tipología de mezcla	Tiempo en servicio (años)
RMAP-1	Carpeta de rodamiento	Ezeiza-Cañuelas-Buenos Aires	Autopista	SMA-19	Entre 10 y 12
RMAP-2	Carpeta de rodamiento	Cañada de Gómez-Santa Fe	Ruta Provincial	CACDR-20AM-3	Entre 1 y 2
RMAP-3	Carpeta de rodamiento	Av.7, céntrica de La Plata-Buenos Aires	Avenida	CACDR-20AM-3	Entre 20 y 23



Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

Argentina



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 4: estudios de RAP de mezclas asfálticas modificadas ("RMAP")

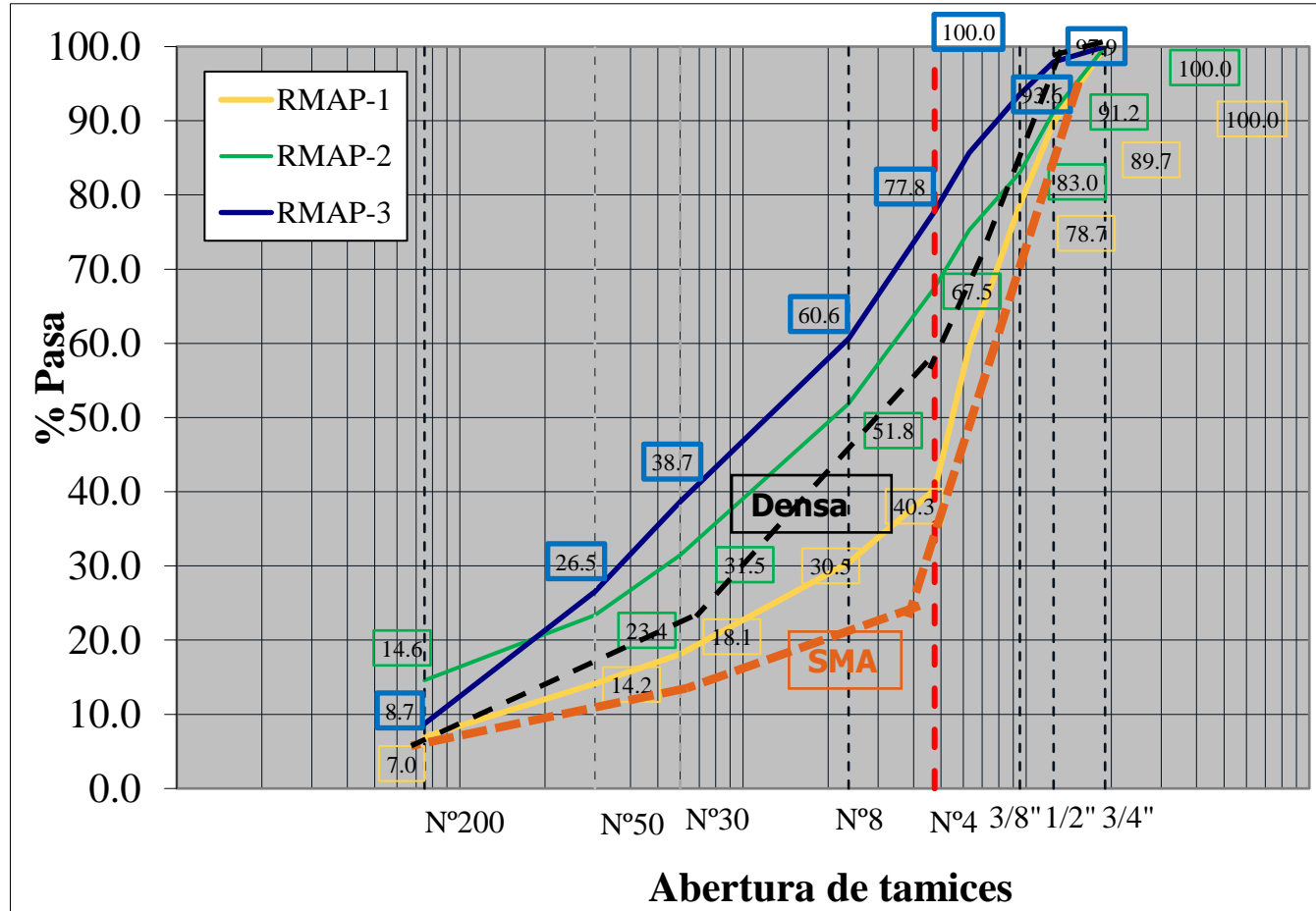
Análisis granulométrico de los RMAP:
Se realizaron estudios granulometricos de los RMAP, tanto del material de fresado cuarteado como luego de someterlo a calcinación.





Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística Caso 4: estudios de RAP de mezclas asfálticas modificadas ("RMAP")

Granulometrías tras calcinación

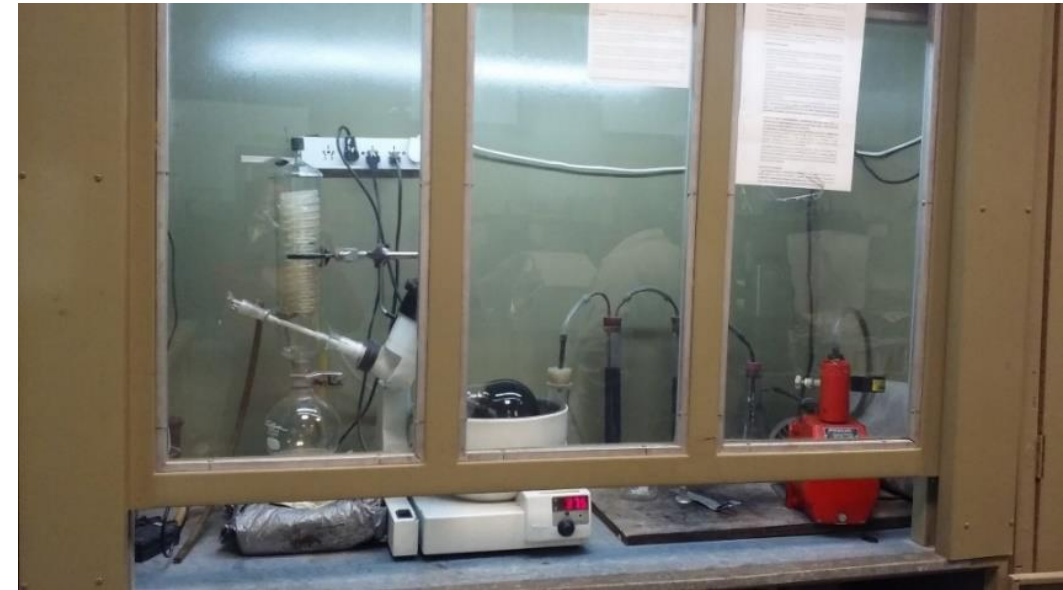


RMAP-1: SMA 19
 RMAP 2 y RMAP3: Densa

Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 4: estudios de RAP de mezclas asfálticas modificadas ("RMAP")

Técnicas de caracterización: Se realizó la extracción del asfalto envejecido de los RMAP utilizando diclorometano como solvente y mediante el empleo del rotovapor para destilación.



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 4: estudios de RAP de mezclas asfálticas modificadas ("RMAP")

Análisis de los asfaltos modificados envejecidos recuperados:

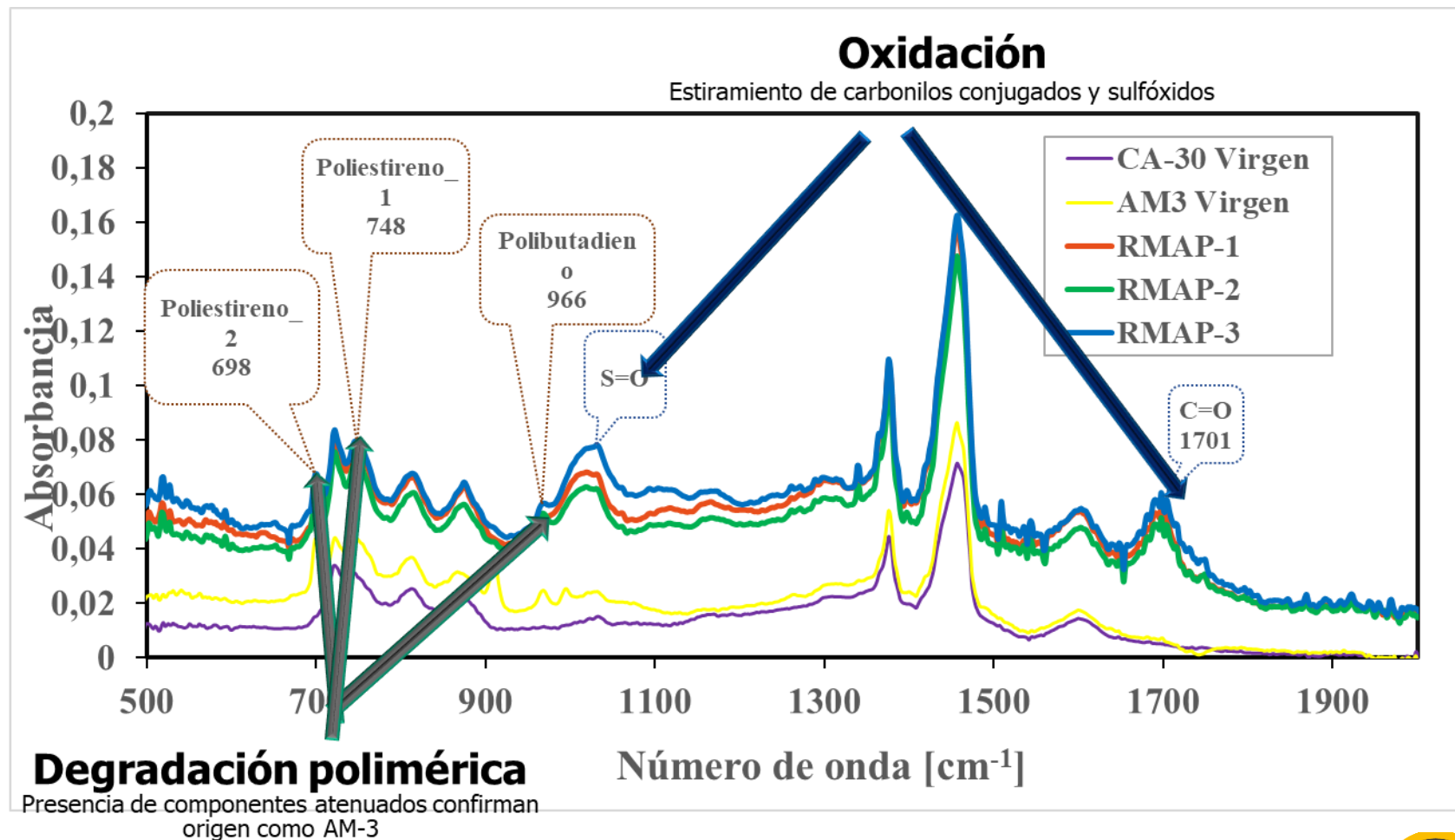


Ensayo	Unidad	Norma	RMAP-1	RMAP-2	RMAP-3	AM-1 IRAM 6596
Punto de ablandamiento	°C	6841	73	69	70	> 60
Penetración	0,1mm	6576	7	12	13	20 - 40
Viscosidad a 135°C	dPa seg	6837	34,3	23,2	23,4	
Viscosidad a 170°C	dPa seg	6837	4,1	3,5	3,1	
Recuperación Elástica Torsional	%	6830	12	18	10	> 10

Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 4: estudios de RAP de mezclas asfálticas modificadas ("RMAP")

Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR)

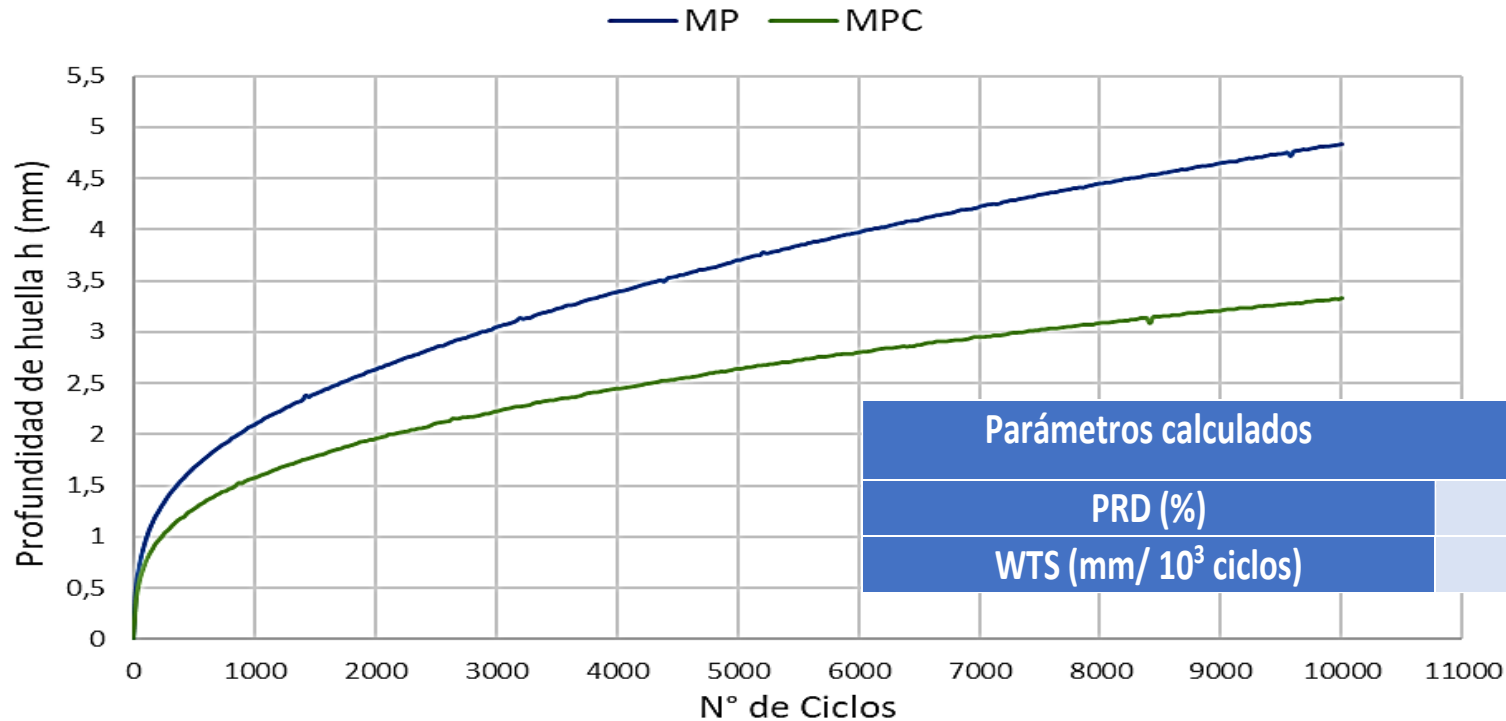




Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 4: estudios de RAP de mezclas asfálticas modificadas ("RMAP")

Mezclas densas convencionales con 25% de RMAP. Con y sin áridos gruesos vírgenes con cubicidad controlada



Parámetros calculados	MP	MPC
PRD (%)	9,7	6,7
WTS (mm/ 10 ³ ciclos)	0,23	0,14



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Argentina



SEMINARIO INTERNACIONAL DEL ASFALTO

Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Casuística

Caso 5: mezclas en caliente con RAP para bases granulares asfálticas, banquetas, bicisendas





Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Argentina



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Normativa

VNA - Pliego 2017

<https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/vialidad-nacional/licitaciones/pliegos-de-especificaciones-tecnicas>

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES
PARA CONCRETOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO DENSOS, CON
APORTE DE RAP.



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Normativa

VNA - Pliego 2017

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONCRETOS ASFÁLTICOS EN CALIENTE Y SEMICALIENTE DEL TIPO DENSOS, CON APORTE DE RAP.

Ministerio de Transportes, Presidencia de la Nación | Edición 2017

Tabla N°1 NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN

IRAM	Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina
VN-E	Normas de ensayo de la Dirección Nacional de Vialidad, Argentina
AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials, USA
ASTM	American Society for Testing and Materials, USA
EN	Normas Comunidad Europea

2.1. Definición de RAP

Se define al RAP como Pavimento Asfáltico Reciclado. A los efectos de la presente especificación, incluye a todo material procedente de la disgregación, por fresado o trituración, de mezcla asfáltica elaborada sin fibras y con ligante asfáltico convencional.

El RAP está compuesto por agregados cubiertos de ligante asfáltico convencional envejecido.



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Normativa

VNA - Pliego 2017

VIALIDAD
NACIONAL

3. ALCANCE

Es de total aplicación el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para Concretos Asfálticos en Caliente y Semicaliente (CAC y CAS) del tipo Densas, elaboradas con agregados vírgenes y con contenidos de RAP, respecto del total de la mezcla asfáltica, comprendidos entre un diez por ciento (10 %) y un cincuenta por ciento (50 %).

Para contenidos de RAP, respecto del total de la mezcla asfáltica, menores o iguales al diez por ciento ($\leq 10\%$) es de aplicación el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, con las siguientes consideraciones:

- Se elimina el Punto 6.4.3 *Ligante asfáltico recuperado del RAP*
- Se elimina el Punto 6.4.4 *Ligante asfáltico resultante*
- Se elimina el Punto 11.3.4.2 *Viscosidad del ligante asfáltico recuperado del RAP (lote de producción)*
- Se elimina el Punto 11.3.4.3 *Viscosidad del ligante asfáltico resultante (lote de producción)*

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES
PARA CONCRETOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO DENSOS, CON
APORTE DE RAP.

Ministerio de Transportes
Presidencia de la Nación

Edition 2017



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Normativa

VNA - Pliego 2017

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONCRETOS ASFÁLTICOS EN CALIENTE Y SEMICALIENTE DEL TIPO DENSO, CON APORTE DE RAP.

Ministerio de Transportes y Obras Públicas
Presidencia de la Nación
Edición 2017

6.2. Agregados del RAP

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades o requisitos adicionales cuando se vaya a emplear RAP cuya naturaleza, procedencia o estado físico-químico así lo requiera. En caso de emplearse RAP del que no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, debe hacerse un estudio que demuestre la aptitud del mismo para ser empleado, que debe ser aprobado por el Supervisor de Obra.

El RAP a incorporar debe tener un tamaño máximo menor o igual a treinta milímetros (≤ 30 mm), o el que establezca el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

Tabla N°8 – REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DEL RAP

Característica	Requisitos
Procedencia	<p>El RAP debe provenir de mezclas asfálticas elaboradas con ligante asfáltico convencional, ya sea del pavimento existente en la obra a rehabilitar o de un acopio de otro origen. El mismo debe cumplir con las exigencias de la presente especificación técnica. El RAP debe tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia del mismo.</p> <p>Del agregado pétreo del RAP debe provenir de rocas sanas y no debe ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química.</p> <p>Tampoco deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.</p>



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Argentina



SEMINARIO INTERNACIONAL DEL ASFALTO

VNA - Pliego 2017

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TECNICAS GENERALES
PARA CONCRETOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO DENSOS, CON
APORTE DE RAP.

Ministerio de Transportes
Presidencia de la Nación

Edition 2017

Acopios de RAP

El número mínimo de fracciones debe ser de uno (1). El Supervisor de Obra puede exigir un mayor número de fracciones, si lo estima necesario, para cumplir las tolerancias exigidas en el *Punto 7.2. Husos granulométricos*.

Cada fracción de RAP se debe acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la contaminación con suelo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios no deben tener forma cónica ni una altura superior a tres metros (3 m); asimismo, cada uno no debe tener más de doscientas veinte (220) toneladas. El terreno debe tener pendientes no inferiores al dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje.

Los acopios de RAP deben mantenerse cubiertos (al resguardo de las lluvias), permitiendo la circulación de aire.

Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de RAP, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia del RAP, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra.

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Supervisor de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. El tiempo de almacenamiento en acopio del RAP debe ser el mínimo posible, para evitar que el contenido de humedad del RAP aumente excesivamente, de todas maneras, dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a dos (2) días de trabajo con la producción prevista.

Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras



Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

Argentina



ACOPIOS DE RAP



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Normativa

VNA - Pliego 2017

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONCRETOS ASFÁLTICOS EN CALIENTE Y SEMICALIENTE DEL TIPO DENSOS, CON APORTE DE RAP.

Ministerio de Transportes y Obras Públicas de la Nación | 18 de junio de 2017





Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Argentina



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Normativa

VNA - Pliego 2017

VIALIDAD
NACIONAL

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TECNICAS GENERALES
PARA CONCRETOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO DENSOS, CON
APORTE DE RAP.

Ministerio de Transporte
Presidencia de la Nación
Edición 2017

6.2.2. Agregado grueso recuperado del RAP

6.2.2.1. Definición de agregado grueso

Se define como agregado grueso, la parte del agregado total retenida en el tamiz 4,75 mm según Norma IRAM 1501.

6.2.3. Agregado fino recuperado del RAP

6.2.3.1. Definición de agregado fino

Se define como agregado fino la parte del agregado total pasante por el tamiz IRAM 4,75 mm según Norma IRAM 1501.



6.2.2.2. Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP

El RAP es por lo general de una única procedencia y naturaleza. En el caso de que se emplee RAP de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la *Tabla N°9*.

Los agregados gruesos recuperados del RAP a emplear en la construcción de capas de rodamiento, no deben provenir de canteras de naturaleza caliza.

Tabla N°9 - REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS RECUPERADOS DEL RAP		
Ensayo	Norma	Exigencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1702 IRAM 1703	Determinación obligatoria

Cuando el agregado grueso recuperado del RAP provenga de yacimientos de "Tipo Basálticos", se deben verificar también las exigencias de la *Tabla N°10*.

Tabla N°10 - REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS RECUPERADOS DEL RAP "TIPO BASÁLTICOS"		
Ensayo	Norma	Exigencia
Micro Deval	IRAM 1762	≤ 20
Ensayo de ebullición para los basaltos "Sonnenbrand"	UNE-EN 1367-3	Determinación obligatoria.



6.2. Requisitos de la combinación de agregados que componen el esqueleto granular

La combinación de las diferentes fracciones de agregados que componen el esqueleto granular debe cumplir las prescripciones de la *Tabla N°11*.

Tabla N°11 – REQUISITOS DEL ESQUELETO GRANULAR						
Parámetro	Norma	Exigencia				
Partículas no trituradas del agregado virgen	(1)	Porcentaje en peso de agregado virgen no triturado respecto del total del agregado virgen (2)				
		Tipo de capa	Clasificación por tránsito			
			T1	T2	T3	T4
		Rodamiento	0%	0%	≤ 3%	≤ 5%
Base	0%	≤ 3%	≤ 5%	≤ 7%		
Contenido de RAP (3)	---	Porcentaje en peso de agregado proveniente del RAP respecto del total del agregado				
		Tipo de capa	Clasificación por tránsito			
			T1	T2	T3	T4
		Rodamiento	≤ 30%	≤ 40%	≤ 50%	≤ 50%
Base	≤ 40%	≤ 50%	≤ 50%	≤ 50%		

- (1) La determinación de este parámetro se debe realizar calculando el porcentaje de agregado no triturado respecto del total de agregado pétreo.
- (2) Cuando el agregado no triturado no provenga de ríos, previa aprobación del Supervisor de Obra, los porcentajes indicados pueden incrementarse en hasta un cinco por ciento (5 %) por encima de los valores límites establecidos, siempre y cuando el Contratista demuestre que dicho incremento no afecta la resistencia a la deformación permanente mediante el ensayo de Wheel Tracking Test.
- (3) La determinación de este parámetro se debe realizar calculando el porcentaje, en peso, de agregado proveniente de RAP que compone la mezcla.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

Argentina



Panorama general de las mezclas en caliente con RAP. Normativa

VNA - Pliego 2017

VIALIDAD
NACIONAL

6.4.3. Ligante asfáltico recuperado del RAP

El ligante asfáltico recuperado del RAP debe ser susceptible a mezclarse homogéneamente con el ligante asfáltico virgen, y dar lugar a un ligante asfáltico resultante que cumpla con los requisitos del ligante asfáltico resultante. Asimismo, debe cumplir con las características y exigencias que se establecen en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, en lo referente a los parámetros físicos, químicos y reológicos.

6.4.4. Ligante asfáltico resultante

El ligante asfáltico resultante es aquel que surge a partir de la combinación del ligante asfáltico virgen y del ligante asfáltico recuperado del RAP.

El valor máximo de la viscosidad rotacional a sesenta grados Celsius (60°C) del ligante asfáltico resultante debe ser menor o igual a tres (≤ 3) veces el valor máximo establecido de viscosidad a sesenta grados Celsius (60°C) para el ligante asfáltico de diseño, según la norma IRAM-IAPG A 6835 (o, en caso de que se emplee otro tipo de ligante asfáltico virgen, según los requisitos del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares).

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TECNICAS GENERALES
PARA CONCRETOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO DENSOS, CON
APORTE DE RAP.

Ministerio de Transportes
Presidencia de la Nación

Edition 2017



Algunos aspectos comparativos entre la metodología de diseño y normativa utilizada en Argentina y Estados Unidos



- El Instituto del Asfalto sugiere que para mezclas en caliente que contengan menos del 20% de RAP, no es necesario variar la calidad del ligante usado para mezclas convencionales equivalentes. Para contenidos mayores del 20% recomienda utilizar un betún más blando para compensar la alta viscosidad del ligante oxidado.
- En normativas utilizadas en Estados Unidos se establecen exigencias según una utilización gradual del RAP.
 - Hasta un 15% de RAP, sin necesidad de cambiar las características empleadas para una mezcla convencional (en Argentina es hasta el 10%; la justificación se basa en la mayor experiencia estadounidense).
 - Entre un 15 y un 25% de RAP, el ligante de aportación debe disminuir 6° en ambos grados de temperatura, baja y alta.
 - Para utilizar más del 25% de RAP es necesario usar unas tablas para determinar cuanto RAP puede ser utilizado.

En Argentina, el ligante del RAP debe poder mezclarse homogéneamente con el asfalto virgen. Para contenidos entre 10% y 50%, otras exigencia tienen que ver con granulometrías y la viscosidad del ligante resultante de la mezcla



Algunos aspectos comparativos entre la metodología de diseño y normativa utilizada en Argentina y Europa



- ✚ La Normativa Europea contempla el uso de RAP en diferentes tipos de mezclas (concretos asfálticos en caliente, microaglomerados, SMA, porosas, Soft Asphalt, HRA e incluso másticos).
- ✚ En Argentina, las especificaciones técnicas actuales abarcan sólo concretos asfálticos en caliente y semicaliente del tipo densos.
- ✚ En Europa se establecen exigencias al asfalto del RAP. La penetración individual de cada muestra debe ser >10 dmm y la media de todas las muestras > 15 dmm. El punto de reblandecimiento (A y B) de cada muestra debe ser $< 77^{\circ}\text{C}$ y la media de todas las muestras debe ser $< 70^{\circ}\text{C}$. En caso de no cumplirse con lo anterior, debe hacerse un estudio para analizar la factibilidad de utilización de dicho material.
- ✚ En Argentina, el ligante del RAP debe poder mezclarse homogéneamente con el asfalto virgen. Y para contenidos de RAP entre 10% y 50%, la exigencia tienen que ver con la viscosidad del ligante resultante de la mezcla

Panorama general de los pavimentos con material de reciclado

Un mercado atractivo y con oportunidades para el reciclado con RAP

En la República Oriental del Uruguay las experiencias de mezclas con RAP en caliente son nulas; pero se han abocado a las técnicas de reciclado en frío con cemento Portland y con asfalto espumado, con muy buenos resultados.



R3: Tramo con asfalto espumado + capa superior de CAC de 5 cm



R39: Tramo con reciclado en frío con cemento Portland + capa asfáltica de rodadura

Panorama general de los pavimentos con material de reciclado

Un mercado atractivo y con oportunidades para el reciclado con RAP

En la última década se ha ejecutado una gran cantidad de kilómetros de caminos con mezclas asfáltica.

La aplicación de tecnología de punta no incluyó, sin embargo, a los reciclados en caliente. De todos modos, las iniciativas de desarrollo de la vialidad uruguaya tornan inminente la adopción de esta tecnología, más aún cuando el Estado viene proclamando las virtudes del país en cuanto a cuidado del ambiente. La consigna es "Uruguay Natural" y no sólo está destinada al turismo ecológico sino al cuidado de los impactos en las obras de producción. La red vial nacional de carreteras es una de las más densas de América Latina. Tiene un desarrollo de 9.700 km para una superficie total de 176.000 km².



Ruta Interbalnearia



Panorama general de los pavimentos con material de reciclado

De los 80 mil kilómetros de carreteras que tiene el país, un 25% se encuentra pavimentado y de este porcentaje un 90% corresponde a asfalto. El material de fresado que se genera por reparación de caminos es de aproximadamente 30.000 metros cúbicos por año.

A marzo de 2023, en Chile se alcanzaba la utilización de un 15% de ese RAP.

El nivel de desarrollo de Chile es bastante bueno en comparación a la región; el sistema de concesiones viales ha tenido un impacto en este aspecto. De todos modos, si bien la Dirección de Vialidad de Chile ha avanzado en la incorporación de los conceptos de economía circular en sus proyectos, esto aún no se transforma en una política nacional que abarque la totalidad del ciclo de vida de los proyectos.

En el Manual de Carreteras contemplan hasta el 15% de uso de RAP respecto de la masa total de áridos y de RAP.

Se ha propuesto un texto adicional al Manual para regular el uso de RAP por sobre el 15% en nuevas mezclas asfálticas, habida cuenta de la experiencia acumulada y de los beneficios económico-ambientales de esta metodología.

Panorama general de los pavimentos con material de reciclado

Algunos proyectos

Operaciones de Mantenimiento Vial con 100% de RAP (Reclaimed Asphalt Pavement).

Reparación de bacheos con los mismos residuos asfálticos resultantes de la demolición del área donde estaba presente, logrando una recuperación de 100% del material de fresado, permitiendo mejorar los tiempos de mantenimiento vial, disminuyendo costos de producción y logrando una menor huella de carbono.



**Bacheos en Ruta de la Araucanía
(Región de La Araucanía).**



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

CHILE



Panorama general de los pavimentos con material de reciclado

Algunos proyectos

Reparación de sus carreteras y calles aledañas a las autopistas



Panorama general de los pavimentos con material de reciclado

Algunos proyectos

Testeo y seguimiento de un tramo de prueba de 2.500 metros de longitud en un sector de alto tránsito vehicular de Ruta del Maipo.

Se analizan cuatro tipos de mezclas asfálticas sustentables que incorporan plástico reciclado, caucho triturado, asfalto reciclado y aditivo de mezcla caliente. A la fecha se han obtenido buenos rendimientos, garantizando la viabilidad de la innovación.



Panorama general de los pavimentos con material de reciclado

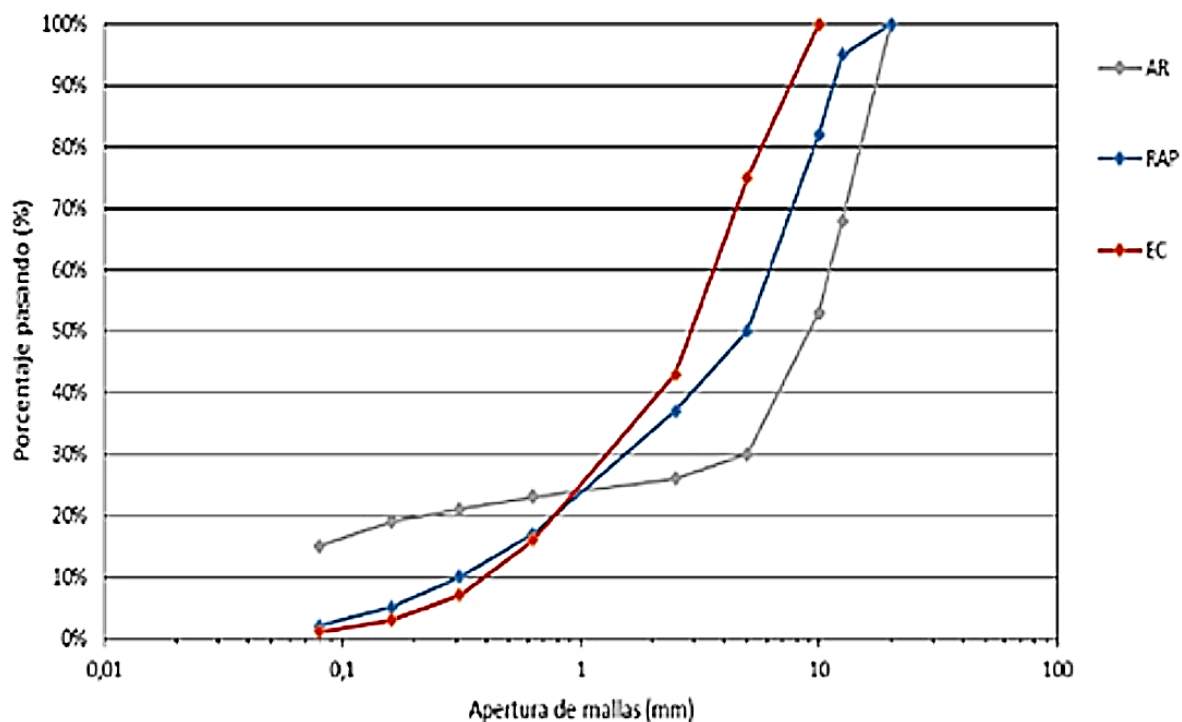
Evaluación de mezclas asfálticas con RAP y escoria de cobre

La utilización de escorias de cobre puede ayudar a solventar parte de los problemas que puede conllevar la incorporación de RAP, gracias sus propiedades físicas-químicas, como la elevada angulosidad, el contenido de cal en su composición y su bajo contenido en sílice, aportando fricción y adhesividad elevada. A su vez, también se reduce el volumen de escorias de cobre acopiadas y la lixiviación asociada a éstas



Panorama general de los pavimentos con material de reciclado

Evaluación de mezclas asfálticas con RAP y escoria de cobre



Efectos de la incorporación de EC:

- Aumenta la densidad de las mezclas (~16%), debido al hierro de su composición.
- Disminuye la estabilidad de las mezclas hasta valores próximos a los de mezcla convencional.
- Incrementa la resistencia a la tracción indirecta.
- A elevadas temperaturas, la angulosidad y cohesividad (acción adhesiva que aporta el componente calizo del fino de la EC) estabilizan las pérdidas de resistencia.
- Limita las fluctuaciones en los valores de estabilidad, fluencia y rigidez.



Panorama general de los pavimentos con material de reciclado

Aspectos relevantes del Manual de Carreteras referentes a mezclas en caliente con RAP

- La procedencia del material recuperado puede ser del fresado de pavimento asfáltico, trozos de demolición de pavimentos asfálticos o excesos de producción. Este material recuperado no es contaminante.
- La fracción de RAP deberá caracterizarse de acuerdo con
 - * Contenido de cemento asfáltico según Método 8.302.36.
 - * Ensayes en áridos recuperados después de determinación de contenido de cemento asfáltico en RAP:
 - Granulometría de los áridos del RAP según el Método 8.202.3.
 - Densidad Real, Neta y Absorción de pétreos gruesos y finos según los Métodos 8.202.20 y 8.202.21.
 - * Se deberán informar los resultados de todos estos ensayos en la dosificación correspondiente.

El Manual contempla la ejecución de mezclas con RAP para concreto asfáltico (capa de rodadura o intermedia) y para base granular asfáltica de graduación gruesa



Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.

PARAGUAY



Panorama general de los pavimentos con material de reciclado

Mezclas en caliente para carpeta con RAP elaboradas en planta: Tramos de Ruta PY 10

Mezcla en caliente con RAP para base granular asfáltica: Ruta PY 10 Paraguarí-Villarrica y en Ruta PY 15





ESTADO DEL ARTE, NUEVAS TENDENCIAS Y EXPERIENCIAS EN EL CONO SUR DE AMÉRICA

- Hay un consenso general entre los profesionales, técnicos, empresarios y funcionarios que el reciclado del pavimento envejecido otorga numerosas ventajas técnicas, económicas y ambientales.
- Si bien se han realizado obras de reciclado en caliente con RAP, la industria vial de la región meridional de América del Sur aún no adoptó esta tecnología como prioritaria.
- En Argentina, desde hace un cuarto de siglo se viene experimentando con esta tipología de mezcla bituminosa y hay varios tramos ejecutados y en servicio, pero todavía significan un porcentaje muy bajo del total producido.
- En Chile y Paraguay se han efectuado unas pocas obras con esta modalidad, a pesar que se cuenta con posibilidades tecnológicas para aumentar su producción.
- En Uruguay hay obras de reciclado pero no incluyeron capas asfálticas en caliente con RAP.
- En Argentina y Chile se dispone de especificaciones técnicas para mezclas en caliente con RAP. Paraguay adoptó para sus experiencias las prescripciones argentinas.
- Las urgentes medidas ambientales que deben tomarse obligan a seguir desarrollando esta tecnología, a fin de ejecutar obras cuyos impactos negativos se vean reducidos.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

PAVIMENTOS ASFÁLTICOS CON APORTE DE RAP: ESTADO DEL ARTE, NUEVAS TENDENCIAS Y EXPERIENCIAS EN EL CONO SUR DE AMÉRICA



SEMINARIO INTERNACIONAL DEL ASFALTO



**¡MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN!**



¡Muchas gracias!

PROFESOR – INVESTIGADOR
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL – ARGENTINA 

hdbianchetto60@gmail.com