

Mezclas de graduación discontinuas: Drenantes, Microaglomerados y SMA Dosificación y aplicaciones

Dr. Ing. Rodolfo Adrián Nosetti



COMISIÓN PERMANENTE
DEL ASFALTO

• **Introducción**

Algunas Características de las Mezclas y sus materiales componentes

• **Desarrollo**

Mezclas discontinuas, características ,diseño, campos de aplicación.

- Drenantes
- Micro F10 y M10
- SMA

• **Conclusiones**

• **Introducción**

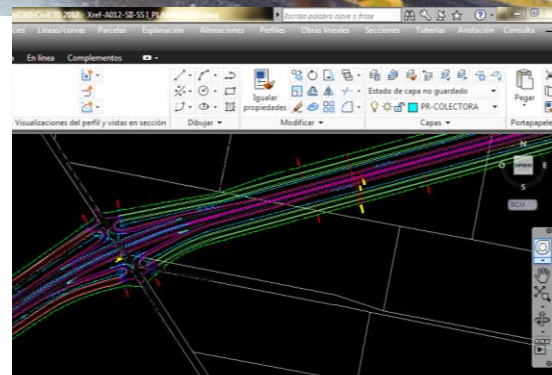
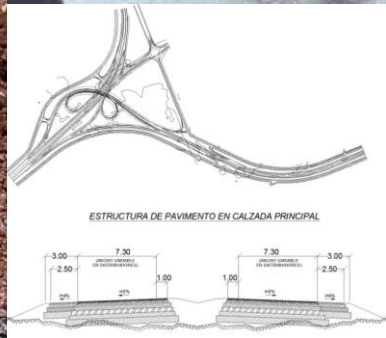
Algunas Características de las Mezclas y sus materiales componentes

• **Desarrollo**

Mezclas discontinuas, características ,diseño, campos de aplicación.

- Drenantes
- Micro F10 y M10
- SMA

• **Conclusiones**



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO

Vialidad
y Tránsito

Asunción, 20 y 21 de octubre 2022



APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC

COMITÉ NACIONAL



Resistencia al deslizamiento

SENTIDO DE AVANCE



NEUMATICO (RODANDO)

PELICULA DE AGUA






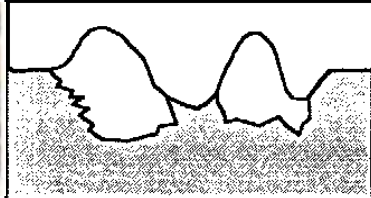

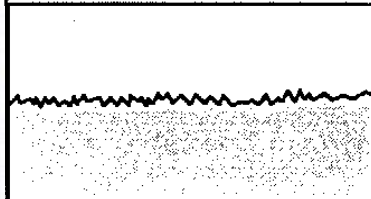

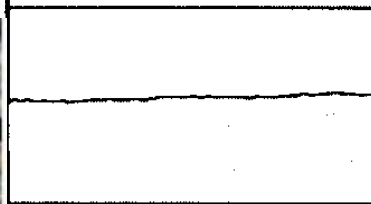
PAVIMENTO

ZONA 3

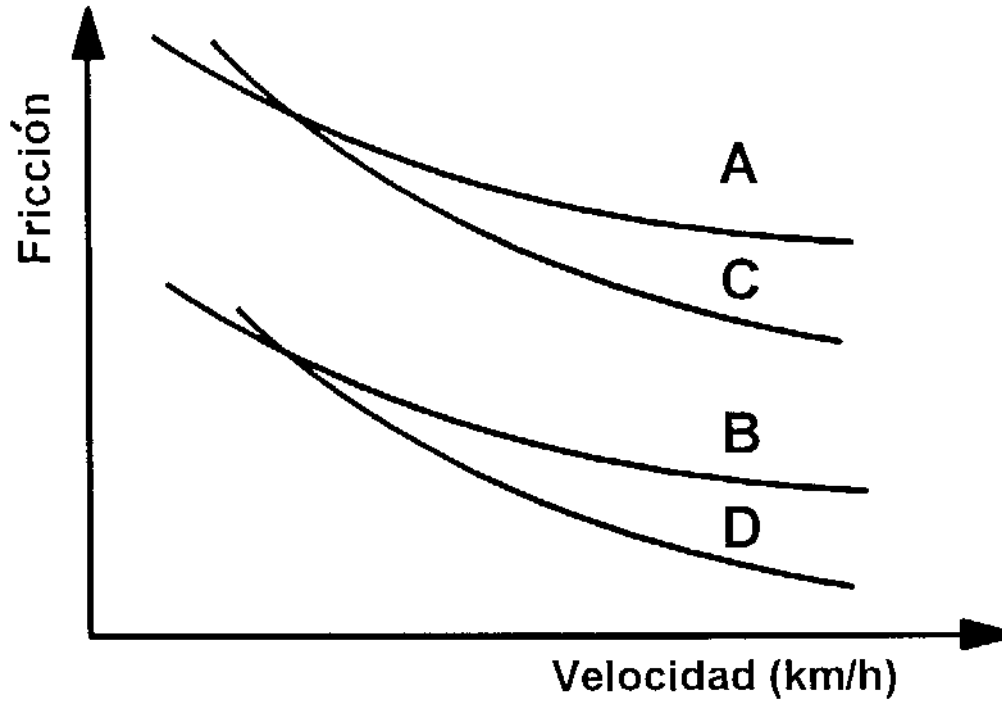
ZONA 2

ZONA 1

Resistencia al deslizamiento

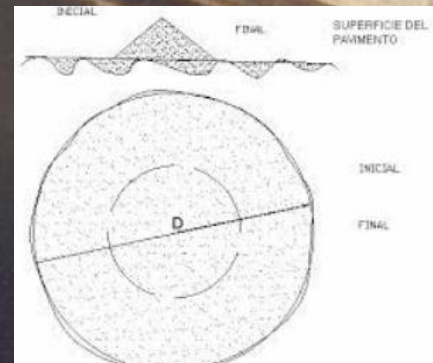
	SUPERFICIE DE LA CARRETERA	MACROTEXTURA	MICROTEXTURA
		GRUESA	ÁSPERA
		GRUESA	PULIDA
		FINA	ÁSPERA
		FINA	PULIDA

ADHERENCIA EN ESTADO MOJADO



	SUPERFICIE DE LA CARRETERA	MACROTEXTURA	MICROTEXTURA
<u>A</u>			GRUESA ÁSPERA
<u>B</u>			GRUESA PULIDA
<u>C</u>			FINA ÁSPERA
<u>D</u>			FINA PULIDA

Es la capacidad que tiene el pavimento de proporcionar fricción en la interfaz neumático - calzada, para obtener así condiciones de frenado adecuadas aún en superficies húmedas



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
Vialidad
y Tránsito



APC

PIARC

COMITÉ NACIONAL

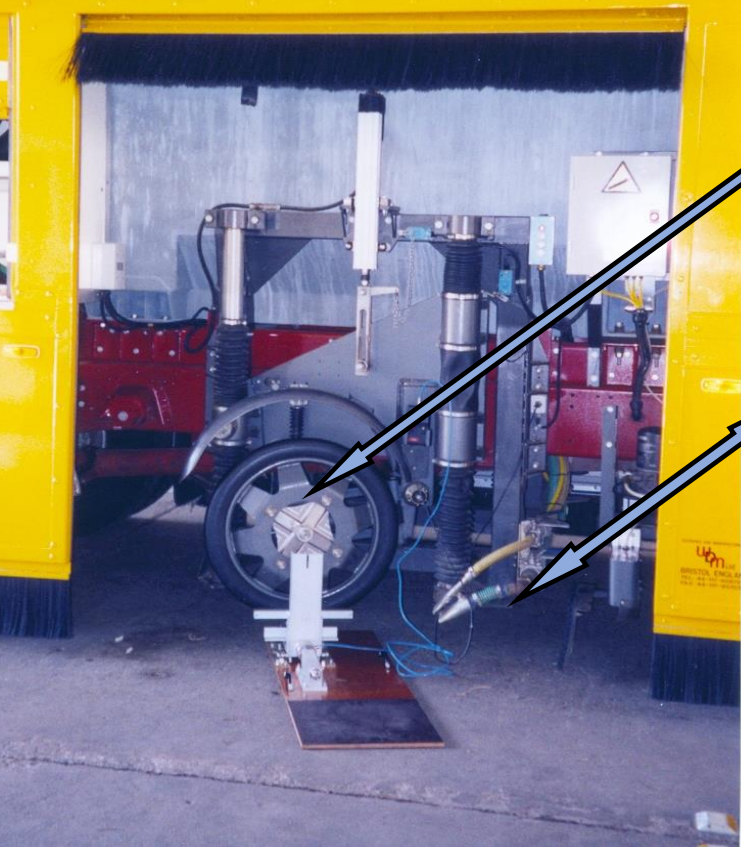
Asunción, 20 y 21 de octubre 2022

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS



AL DE VIALIDAD

ESTIGACION Y CONTROL



**RUEDA
MEDIDORA DE
FRICCIÓN
TANGENCIAL
DIVERGENCIA
DE 20°**

**SENSOR LASER
DE LA MACRO-
TEXTURA**

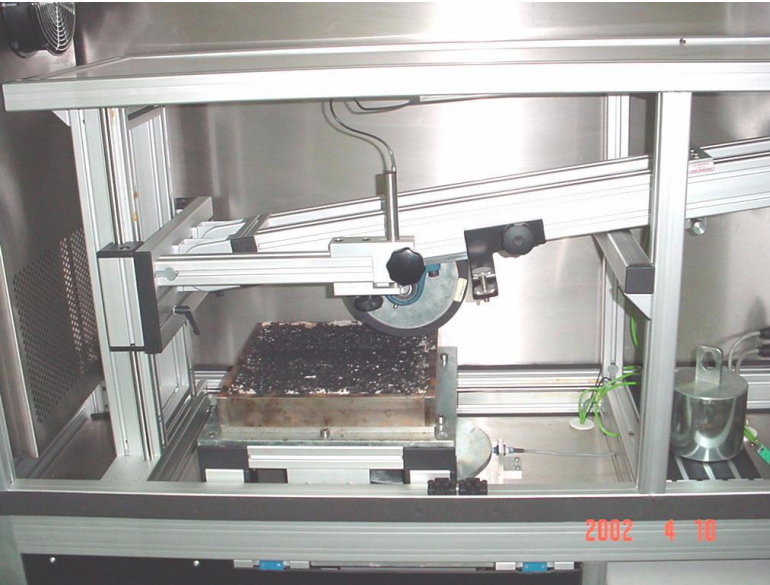


Pulimento Acelerado IRAM-1543



Resistencia al deslizamiento

- ❖ Agregados pétreos con Microtextura áspera y no pulimentables
- ❖ Vacíos de la mezcla asfáltica adecuados
- ❖ Macrotextura gruesa



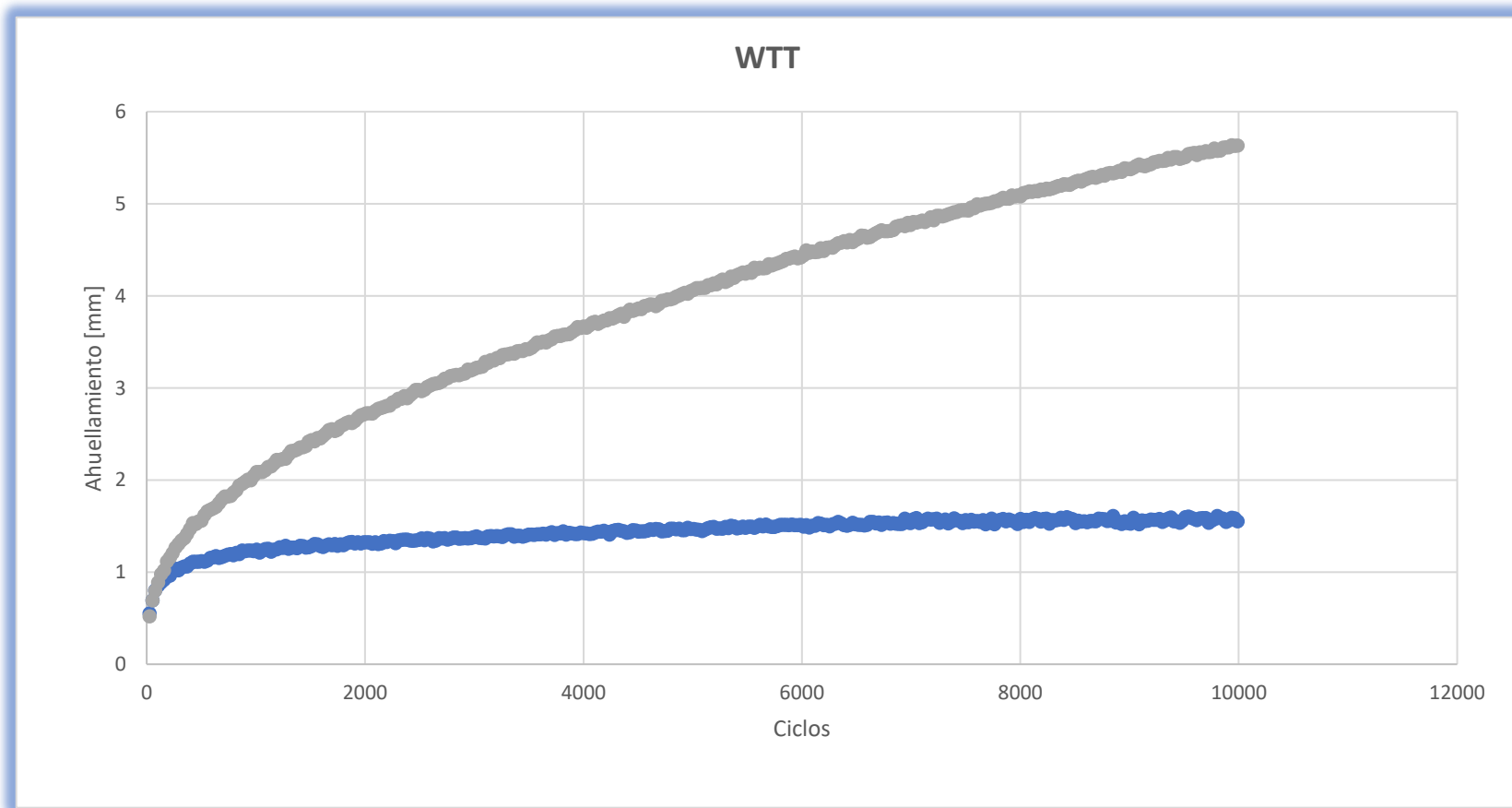
Una rueda metálica recubierta con una goma lisa de 20mm

La rueda en total tiene 200 a 205 mm de diámetro y 50 mm de ancho que ejerce una carga de 700 ± 10 N en una probeta de mezcla asfáltica de 260mm por 300 mm.

La rueda se mueve a razón de 26,5 pasadas por minuto con un recorrido de 230mm..

La muestra se encuentra termostatzado a 60 °C

WTT



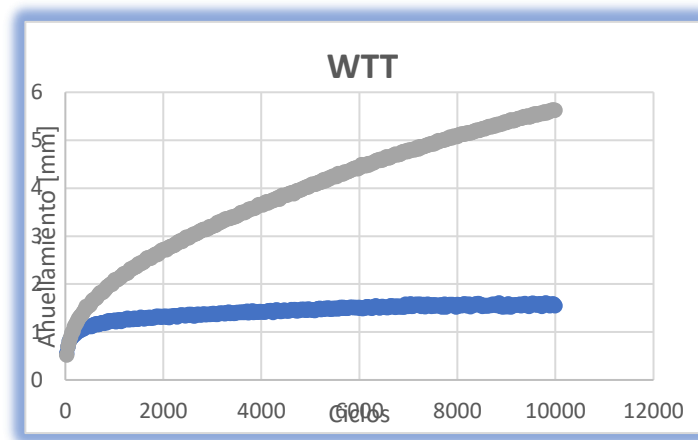
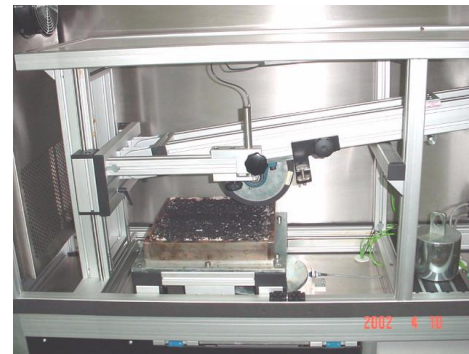
Parámetros:

Pendiente media de deformación
Wheel Tracking Slope (WTS)

$$WTS = \frac{D_{10000} - D_{5000}}{5}$$

Profundidad media de la huella:
Proportional Ruth Depth (PRD)

$$PRD = \frac{D_{10000}}{\text{Espesor}}$$



WTT

CLASIFICACIÓN POR TRÁNSITO				
-----	Clasificación por tránsito			
	T1	T2	T3	T4
Índice de Tránsito (IT)	≥1200	800-1199	200-799	<199

IT: Índice de Tránsito = $TMDA_d * \%P_d$

$TMDA_d$ = Tránsito Medio Diario Anual de diseño

$\%P_d$ = % Pesados de diseño

Evaluación de la resistencia al ahuellamiento

"Wheel Tracking Test" (Norma EN 12697-22- Procedimiento B)

Pendiente Media de Deformación (WTS AIRE) [mm/1000 ciclos de carga] en el intervalo de 5000 a 10000 ciclos y Profundidad Media de la Huella (PRD) [%]

Tipo de capa	Clasificación por Tránsito			
	T1	T2	T3	T4
Rodamiento	WTS aire ≤ 0,08	WTS aire ≤ 0,10	WTS aire ≤ 0,12	WTS aire ≤ 0,15
	PRD ≤ 5%	PRD ≤ 8%	PRD ≤ 10%	PRD ≤ 10%
Base	WTS aire ≤ 0,10	WTS aire ≤ 0,12	WTS aire ≤ 0,15	WTS aire ≤ 0,15
	PRD ≤ 8%	PRD ≤ 10%	PRD ≤ 10%	PRD ≤ 12%

$$WTS = \frac{D10000 - D5000}{5}$$

5

$$PRD = \frac{D10000}{\text{Espesor}}$$

Espesor



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
Vialidad
y Tránsito



Asunción, 20 y 21 de octubre 2022

APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC
COMITE NACIONAL



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
Vialidad
y Tránsito



Asunción, 20 y 21 de octubre 2022

APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC

COMITE NACIONAL



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO

Vialidad
y Tránsito



Asunción, 20 y 21 de octubre 2022

APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC

COMITÉ NACIONAL



Ruido de rodadura



MEZCLA CONVENCIONAL



MEZCLA FONOABSORBENTE

ETIQUETA EUROPEA DEL NEUMÁTICO - RUIDO



NEUMÁTICO SILENCIOSO

EL NIVEL DE EMISIÓN DE RUIDO DEL NEUMÁTICO ESTÁ AL MENOS 3dB POR DEBAJO DEL LÍMITE LEGAL EUROPEO.



COMPORTAMIENTO MEDIO

EN EL CUAL EL NIVEL DE EMISIÓN DE RUIDO DEL NEUMÁTICO NO SUPERA LOS 3dB POR DEBAJO DEL LÍMITE LEGAL.



COMPORTAMIENTO MÁS RUIDOSO

YA QUE EL NIVEL DE EMISIÓN DE RUIDO DEL NEUMÁTICO SE ENCUENTRA ENTRE EL VALOR MÁXIMO ACTUAL Y EL DEL LÍMITE LEGAL.



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
**Vialidad
y Tránsito**



APC
ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC
COMITE NACIONAL



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO

Vialidad
y Tránsito



Asunción, 20 y 21 de octubre 2022

APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

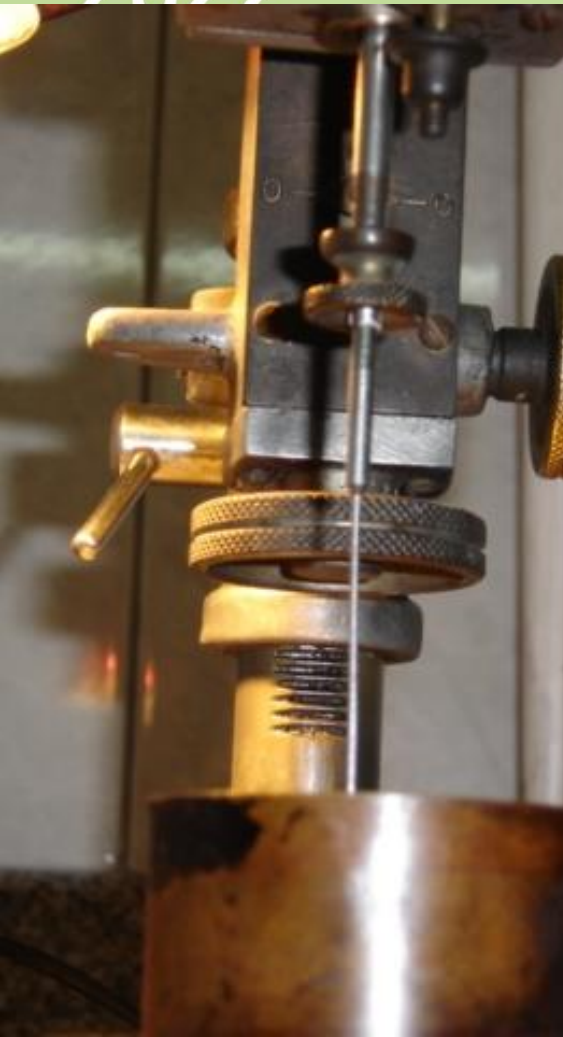
PIARC

COMITE NACIONAL



Norma IRAM 6596

Característica	Unidad	Tipo de asfalto modificado								Método de ensayo
		AM 1		AM 2		AM 3		AM 4		
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)	0,1 mm	20	40	50	80	50	80	120	150	IRAM 6576
Punto de ablandamiento	°C	60	–	60	–	65	–	60	–	IRAM 6841
Punto de ruptura Fraass	°C	–	-5	–	-10	–	-12	–	-15	IRAM 6831
Recuperación elástica por tor- sión total (a25 °C)	%	10	–	40	–	70	–	60	–	IRAM 6830
Punto de inflama- ción	°C	230	–	230	–	230	–	230	–	IRAM IAPG A 6555



Multiple Stress Creep Recovery (MSCR)

Tabla N°3 - REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS

Ensayo	Norma	Exigencia
Elongación	IRAM 1687-2	Determinación obligatoria.
Índice de lajas	IRAM 1687-1	≤ 25 %
Coefficiente de desgaste "Los Angeles" (1)	IRAM 1532	≤ 25 %
Coefficiente de pulimento acelerado	IRAM 1543	≥ 40
Polvo adherido	IRAM 1883	≤ 1,2 %
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	No Plástico
Micro Deval (1)	IRAM 1782	≤ 20 %
Relación vía seca-vía húmeda, de la fracción que pasa el tamiz IRAM 75 µm (2)	VN E 7-65	≥ 50 %
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1702 IRAM 1703	Determinación obligatoria
Determinación de la adherencia entre agregado y ligante (3)	IRAM 6842	≥ 97 %
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente.	IRAM 1533	Determinación obligatoria
Absorción (4)	IRAM 1533	≤ 1,2 %
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio (5)	IRAM 1525	≤ 10%
Caras de fractura	IRAM 1851	100 % Porcentaje en peso de partículas, respecto del total del agregado grueso, con tres o más caras de fractura.

(1) Para agregados tipo basálticos, se deben verificar los requisitos de la Tabla N°5.

(2) Este ensayo sólo se hace si el pasante por el tamiz IRAM 75 µm vía húmeda es mayor de 5 %.

(3) Para el caso en que el ensayo arroje un valor inferior al 97 % de superficie cubierta, debe incorporarse a la mezcla asfáltica un aditivo mejorador de adherencia, que permita superar dicho valor.



Tabla N°6 - REQUISITOS DE LOS AGREGADOS FINOS

Ensayo	Norma	Exigencia
Coefficiente de desgaste "Los Ángeles"	IRAM 1532	La fracción gruesa de la cual proviene el agregado fino, debe cumplir las exigencias de la <i>Tabla N°3</i> y <i>Tabla N°5</i> (si corresponde) para el Coeficiente de desgaste Los Ángeles.
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 50 %
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	No plástico
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 75 µm	IRAM 10501	≤ 4 %
Relación vía seca-vía húmeda, de la fracción que pasa el tamiz IRAM 75 µm (¹)	VN E 7-65	≥ 50 %
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.
Índice de Azul de Metileno (²)	Anexo A de la Norma UNE-EN 933-9	≤ 7 gramos/kilogramo
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1520	Determinación obligatoria
Absorción (³)	IRAM 1520	≤ 1,2 %
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio (⁴)	IRAM 1525	≤ 10%





2001 12 14

FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN CAMINO



- **Introducción**

Algunas Características de las Mezclas y sus materiales componentes

- **Desarrollo**

Mezclas discontinuas, características ,diseño, campos de aplicación.

- Drenantes
- Micro F10 y M10
- SMA

- **Conclusiones**

Mezclas Drenantes



Se define como Concreto Asfáltico Drenante en Caliente (CAD) a la combinación de un ligante **asfáltico modificado**, agregados (incluido Filler) y eventualmente aditivos y/o fibras. Estas mezclas son elaboradas en plantas asfálticas y colocadas en obra a una temperatura muy superior a la ambiente.

Las mezclas CAD poseen una baja proporción de agregados finos y presentan un **contenido alto de vacíos interconectados**, los cuales le proporcionan características drenantes.

Concreto Asfáltico Drenante en Semicaliente (CADs) Estas mezclas son elaboradas en plantas asfálticas y colocadas en obra a una temperatura de, como mínimo, **treinta grados Celsius (30 °C)** por debajo de la temperatura correspondiente al mismo tipo de concreto asfáltico de la tecnología en caliente (CAD)

MEZCLAS DRENANTES

VENTAJAS

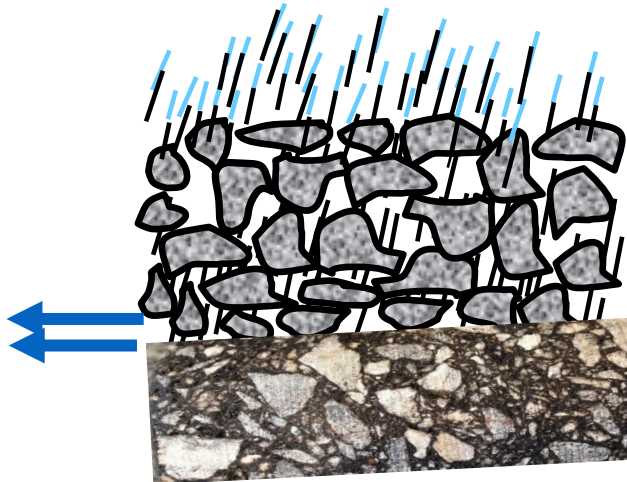
- ✓ Resistencia al deslizamiento
- ✓ Disminución del spray
- ✓ Disminución del nivel sonoro
- ✓ Mejoramiento de la Reflectancia

VENTAJAS

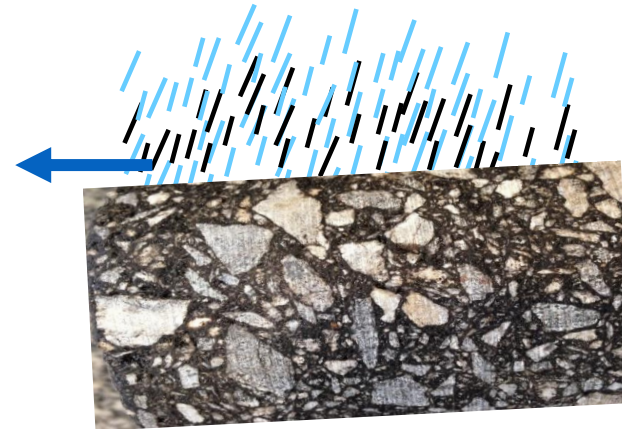
Carácter drenante

(hidroplaneo, eliminación spray, seguridad)

MEZCLAS DRENANTES



MEZCLA CONVENCIONAL





Buenos Aires
Avenida de Mayo
Av. 9 de Julio

SALIDA RPT
Puerto Madero

Atenuación del ruido de rodadura



MEZCLAS DRENANTES

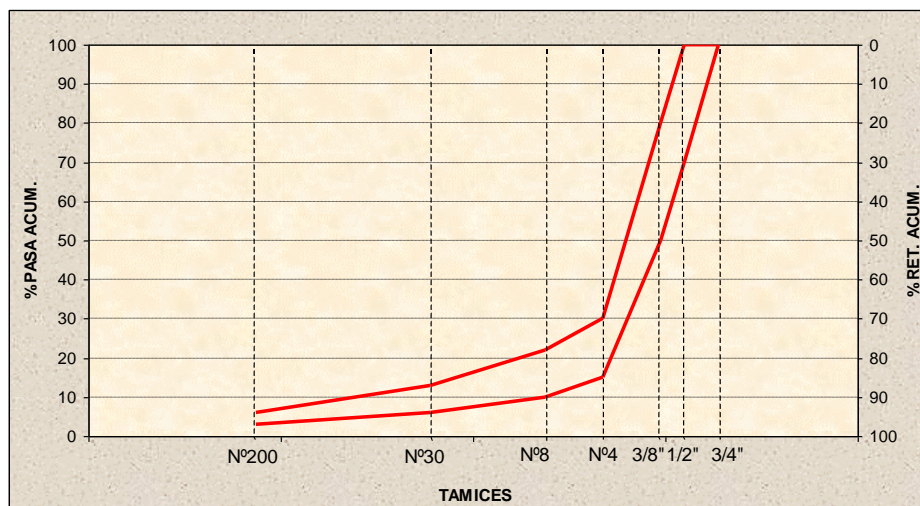
LIMITACIONES

Resistencia a la abrasión (Esfuerzos tangenciales, combustibles, reflexiones de grietas –infiltración de agua-)

Resistencia a la colmatación

Tabla N°10 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL ESQUELETO GRANULAR DE LOS CONCRETOS ASFÁLTICOS DRENANTES

Tamices	Porcentaje en peso que pasa (¹)	
	12 (²)	
12,5 mm (½")	70-100	
9,5 mm (3/8")	50-80	
4,75 mm (N° 4)	15-30	
2,36 mm (N° 8)	10-22	
600 µm (N° 30)	6-13	
75 µm (N°200)	3-6	



Mezclas drenantes

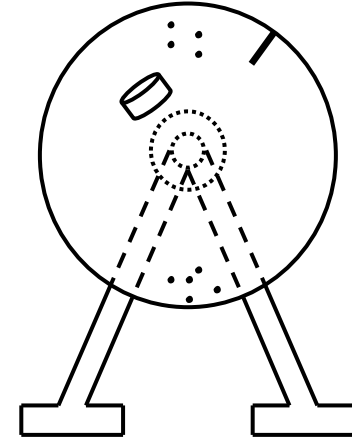
Método Cántabro

- Moldeo de probetas Marshall con 50 golpes por cara
- Ensayo en la máquina de Los Ángeles, 300 vueltas sin las esferas abrasivas a 25°C
- En seco y tras inmersión

Ensayo Cántabro (UNE-EN 12697-17)

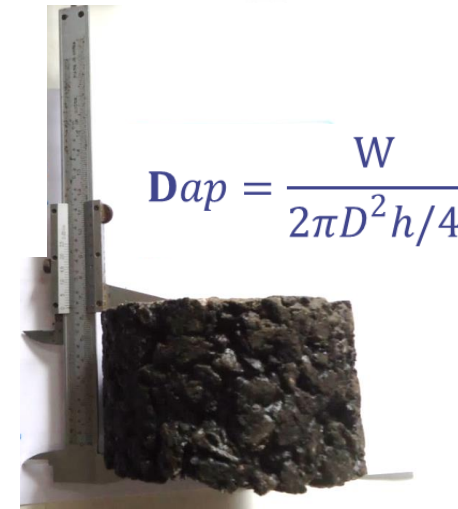
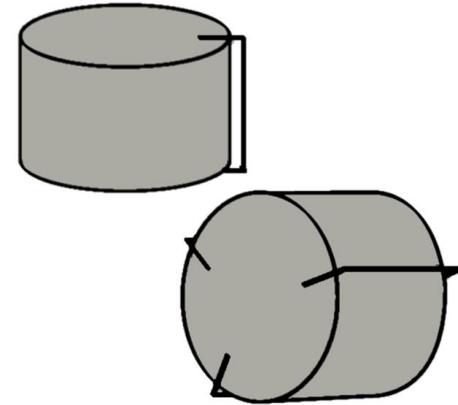


$$P = \frac{P_i - P_f}{P_i}$$





DENSIDAD GEOMETRICA



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
Vialidad
y Tránsito



IAPC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC
COMITE NACIONAL





ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
Vialidad
y Tránsito



Asunción, 20 y 21 de octubre 2022

IAPC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC
COMITE NACIONAL



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
**Vialidad
y Tránsito**
Asunción, 20 y 21 de octubre 2022



APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC
COMITE NACIONAL





Probeta sin ensayar

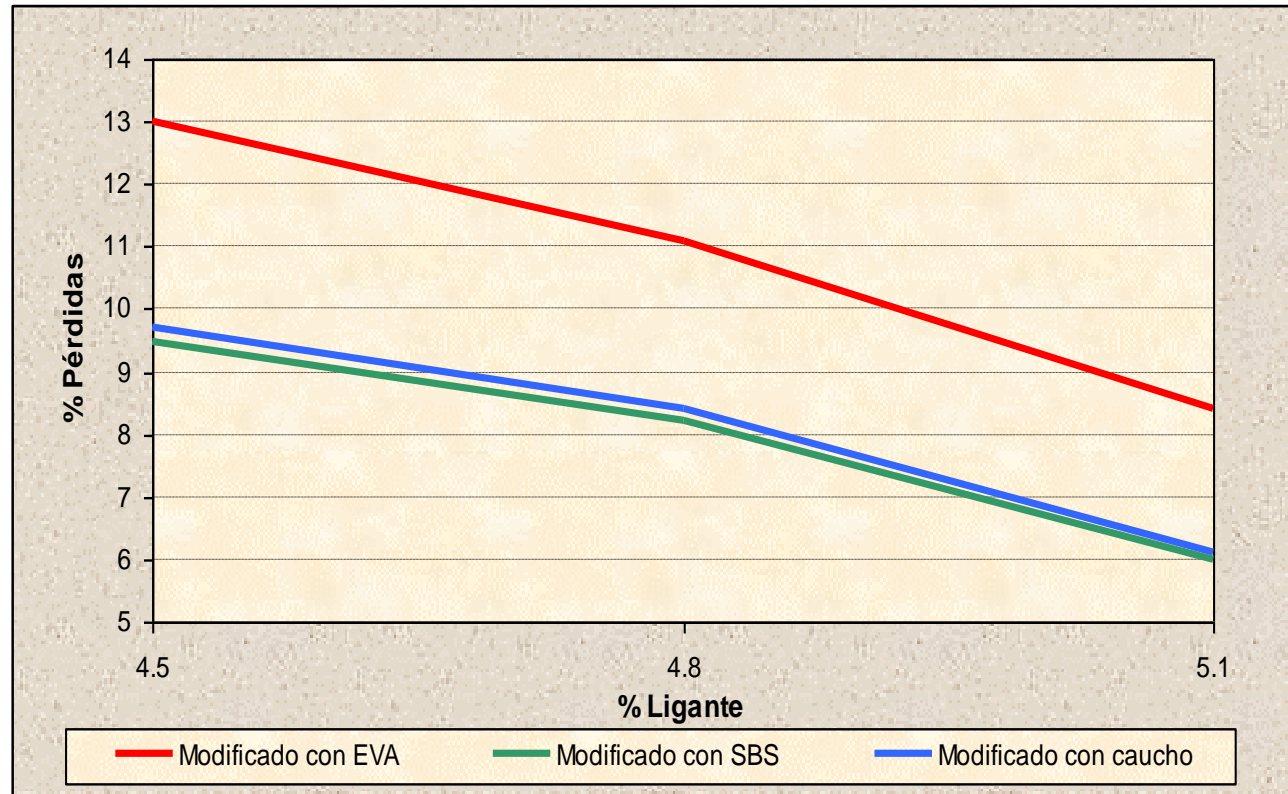


Cántabro en seco

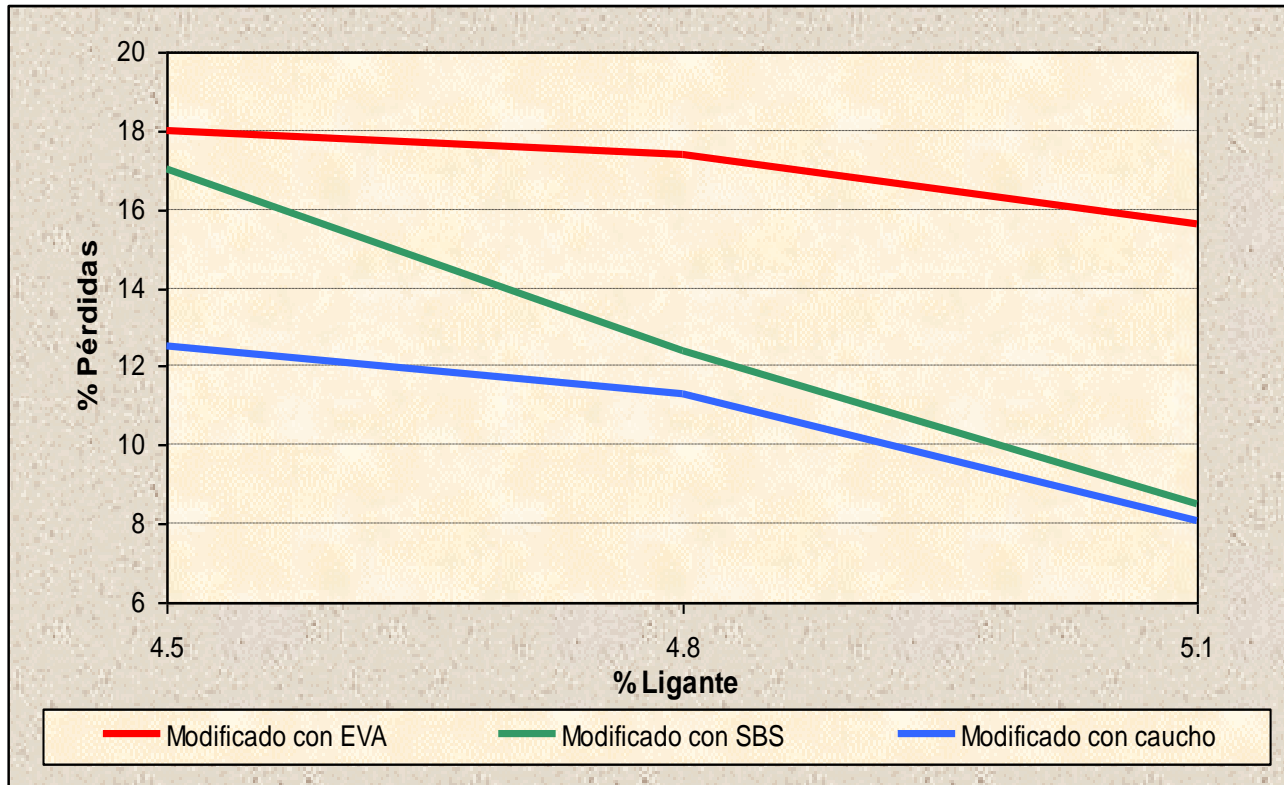


Cántabro tras inmersión

Mezclas Drenantes con 22% de vacíos Pérdidas en Cántabro en seco



Mezclas Drenantes con 22% de vacíos Pérdidas en Cántabro tras inmersión



Escurrecimiento de ligante. Método Cesta (UNE-EN 12697-18)



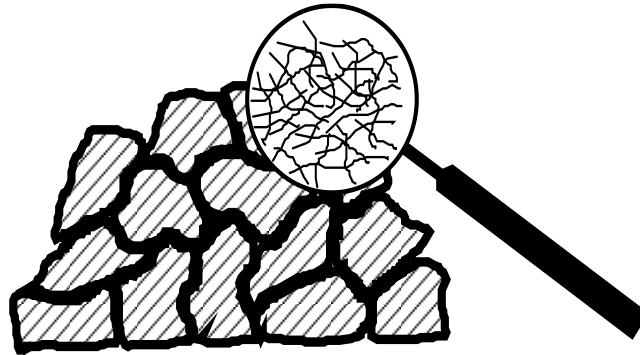
Escurrimiento de ligante. Método Schellenberg. (UNE-EN 12697-18)





Aditivos, fibras u otros materiales

En el caso de incorporación de aditivos, fibras u otros materiales, el objeto es de alcanzar una mejora de alguna característica de la mezcla asfáltica o del proceso productivo.



Fibras actúan como agente estabilizador el asfalto no escurre

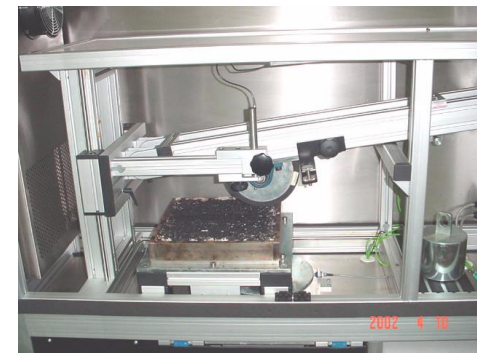
Tabla N°11 – REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN

Parámetro		Exigencia
Ensayo Marshall (IRAM 6845)	N° golpes por cara ⁽¹⁾	50
	Vacíos en la mezcla ⁽²⁾	20 - 27 %
Ensayo Cántabro	por desgaste en seco	≤ 25 %
Ensayo Cántabro	Porcentaje de pérdidas por desgaste en seco	≤ 25 %
Esgurrimiento de ligante (UNE-EN 12697-18) ⁽⁵⁾		≤ 0,3
Contenido mínimo de Cal Hidratada, en peso sobre total de la mezcla		1 %
Contenido máximo de Cal Hidratada, en peso sobre total de la mezcla		3 %
Porcentaje mínimo de ligante (total en peso sobre mezcla) en mezclas sin fibras incorporadas		4 %
Porcentaje mínimo de ligante (total en peso sobre mezcla) en mezclas con fibras incorporadas		4,5 %
Porcentaje mínimo de fibras (total en peso sobre mezcla) en mezclas con fibras incorporadas		0,3 %
Permeabilidad in-situ (NLT 327) ⁽⁶⁾		Tiempo de evacuación < 30 segundos
Permeabilidad in-situ (NLT 327) ⁽⁶⁾		Tiempo de evacuación < 30 segundos

WTT Parámetros:

Pendiente media de deformación
Wheel Tracking Slope (WTS) $WTS = \frac{D_{10000} - D_{5000}}{5}$

Profundidad media de la huella:
Proportional Ruth Depth (PRD) $PRD = \frac{D_{10000}}{\text{Espesor}}$



Los requisitos para la resistencia al ahuellamiento se establecen en la *Tabla N°12*.

**Tabla N°12 - EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL AHUELLAMIENTO “Wheel Tracking Test”
(Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B)**

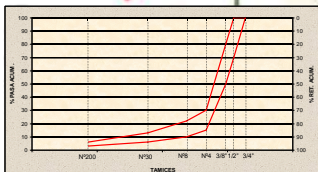
Pendiente Media de Deformación (WTS AIRE) [mm/1000 ciclos de carga] en el intervalo de 5000 a 10000 ciclos y Profundidad Media de la Huella (PRD) [%]

WTS aire $\leq 0,08$

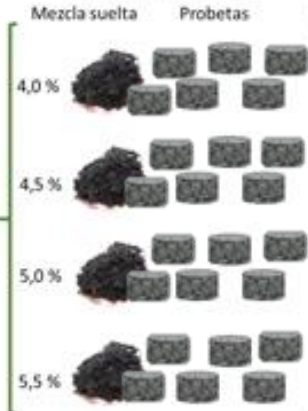
PRD $\leq 5\%$

Agregados

Asfalto
Modificado



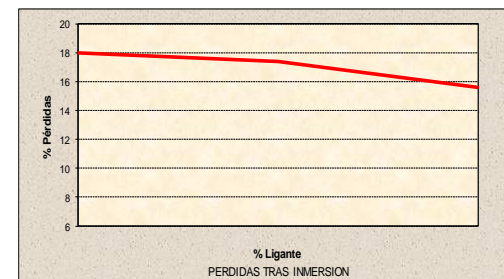
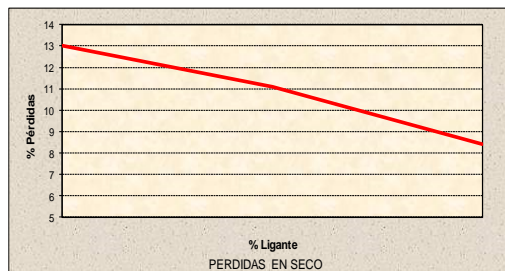
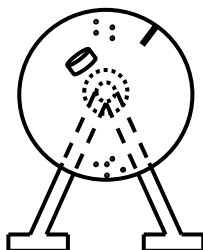
Mezclas de prueba
Diferentes % de asfalto



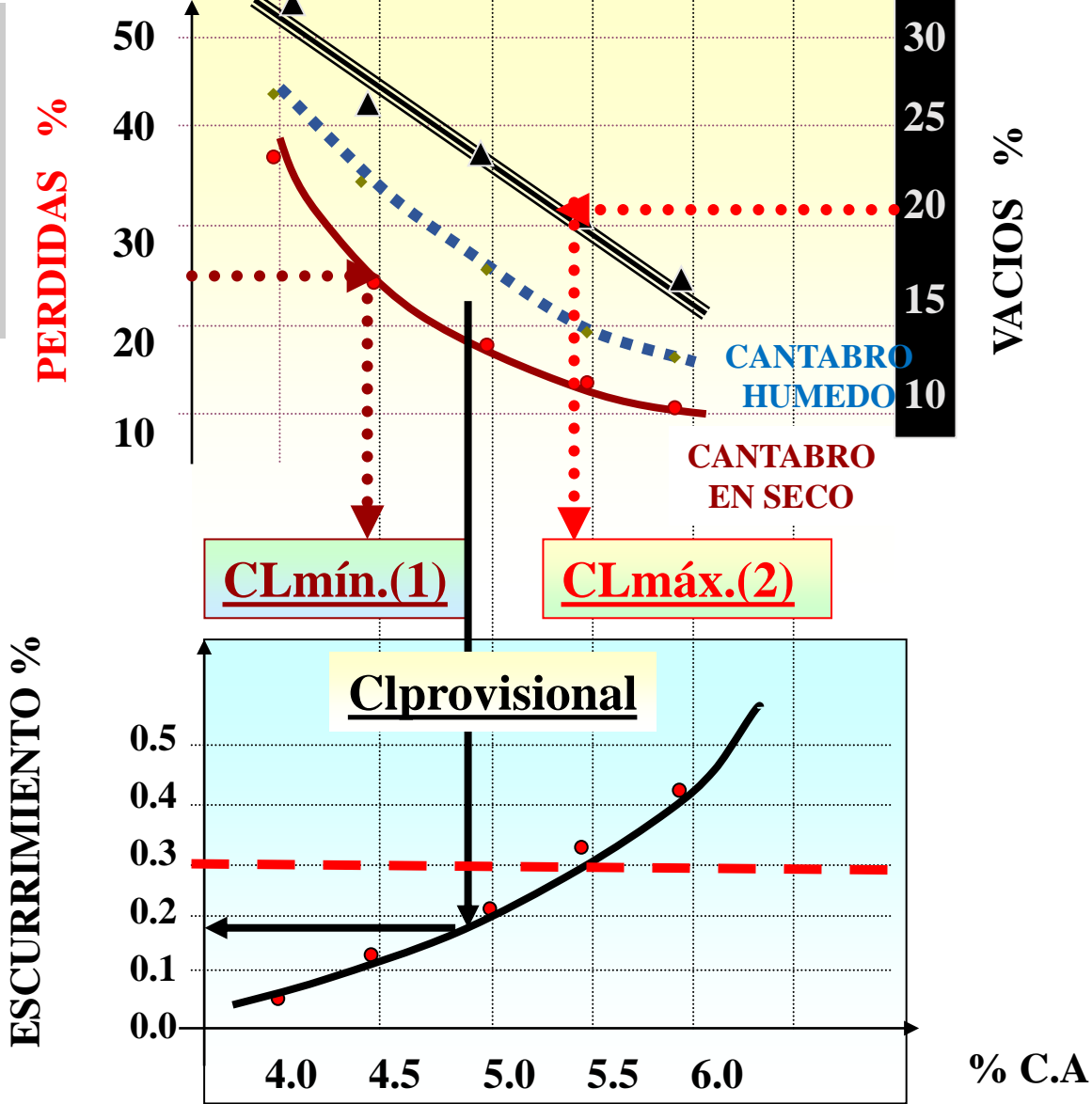
Determinación de propiedades volumétricas y resistentes

Volumétricas

- ❖ Densidad Máximo
 - ❖ Densidad Geométrica
 - ❖ % de Vacíos
 - ❖ Ecurrimiento
- Cántabro**
- ❖ En seco
 - ❖ Tras Inmersión



CARTA DE DISEÑO



EJEMPLOS DE FÓRMULAS DE OBRA

Dosificación (porcentaje en peso de áridos)				
Material	6-12	0-3	Cal	Fibras
Dosificación	96,7	-	3,0	0,3
Referencia	89,0	8,5	2,5	-

Composición granulométrica							
Tamiz		12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	4,8 mm (N°4)	2,4 mm (N°8)	600 µm (N° 30)	75 µm (N°200)
Huso CAD 12	[%]	70-100	50-80	15-30	10-22	6-13	3-6
Dosificación	[%]	100	77,8	8,8	3,1	3,0	2,8
Referencia	[%]	100	78,1	16,2	10,0	6,1	3,0

EJEMPLOS DE FÓRMULAS DE OBRA

	CAD 12 con fibras y sin finos	CAD 12	Especificación
Asfalto [%]	5,5	4,5	Min % 4,5 - 4
Densidad aparente [g/cm ³]	1,855	1,938	-
Vacíos [%]	26,1	21,9	20 -27
Pérdidas en el Cántabro a 25°C			
En seco[%]	11,7	13,9	≤ 25
Tras inmersión [%]	20,7	18,0	≤ 35
Escurrecimiento de ligante: Método de Schelleberg			
Escurrecimiento [%]	0,10	0,17	< 0,3



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO

Vialidad
y Tránsito

Asunción, 20 y 21 de octubre 2022



APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC

COMITE NACIONAL



MEZCLAS DRENATES

CAMPO DE APLICACIÓN

- ❖ Autopistas
- ❖ Autovías (accesos pavimentados)
- ❖ Tableros de Puentes
- ❖ Urbanas (intercesiones con pavimento convencional)

ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
**Vialidad
y Tránsito**



APC
ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC
COMITE NACIONAL

MICROAGLOMERADOS EN CALIENTE



VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES
PARA
MICROAGLOMERADOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO F.

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES
PARA
MICROAGLOMERADOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO M.

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES
PARA
MICROAGLOMERADOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO F.

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES
PARA
MICROAGLOMERADOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO M.

Microaglomerado Asfáltico en Caliente (MAC) tipo F a la combinación de un **ligante asfáltico modificado**, agregados (incluido Filler) y eventualmente aditivos. Estas mezclas son elaboradas en plantas asfálticas y colocadas en obra a una temperatura muy superior a la ambiente.

Las mezclas MAC son del **tipo discontinuas**, es decir que los agregados presentan una discontinuidad granulométrica muy acentuada, que se utilizan para capas de rodadura en espesores reducidos.

Su finalidad es dotar a la carpeta de rodamiento de adecuadas condiciones de resistencia mecánica, macrotextura, resistencia al deslizamiento y propiedades fono absorbentes.

Microaglomerados Asfálticos en Caliente Tipo F

Tabla N°10 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL ESQUELETO GRANULAR DE LOS MICROAGLOMERADOS ASFÁLTICOS DEL TIPO F

Tamices	Porcentaje en peso que pasa (1)	
	8 (2)	10 (2)
12,5 mm (1/2")	---	100
9,5 mm (3/8")	100	75-97
6,3 mm (N° 3)	60-80	40-65
4,75 mm (N° 4)	25-40	25-40
2,36 mm (N° 8)	20-35	20-35
600 µm (N° 30)	12-25	12-25
75 µm (N°200)	7-10	7-10

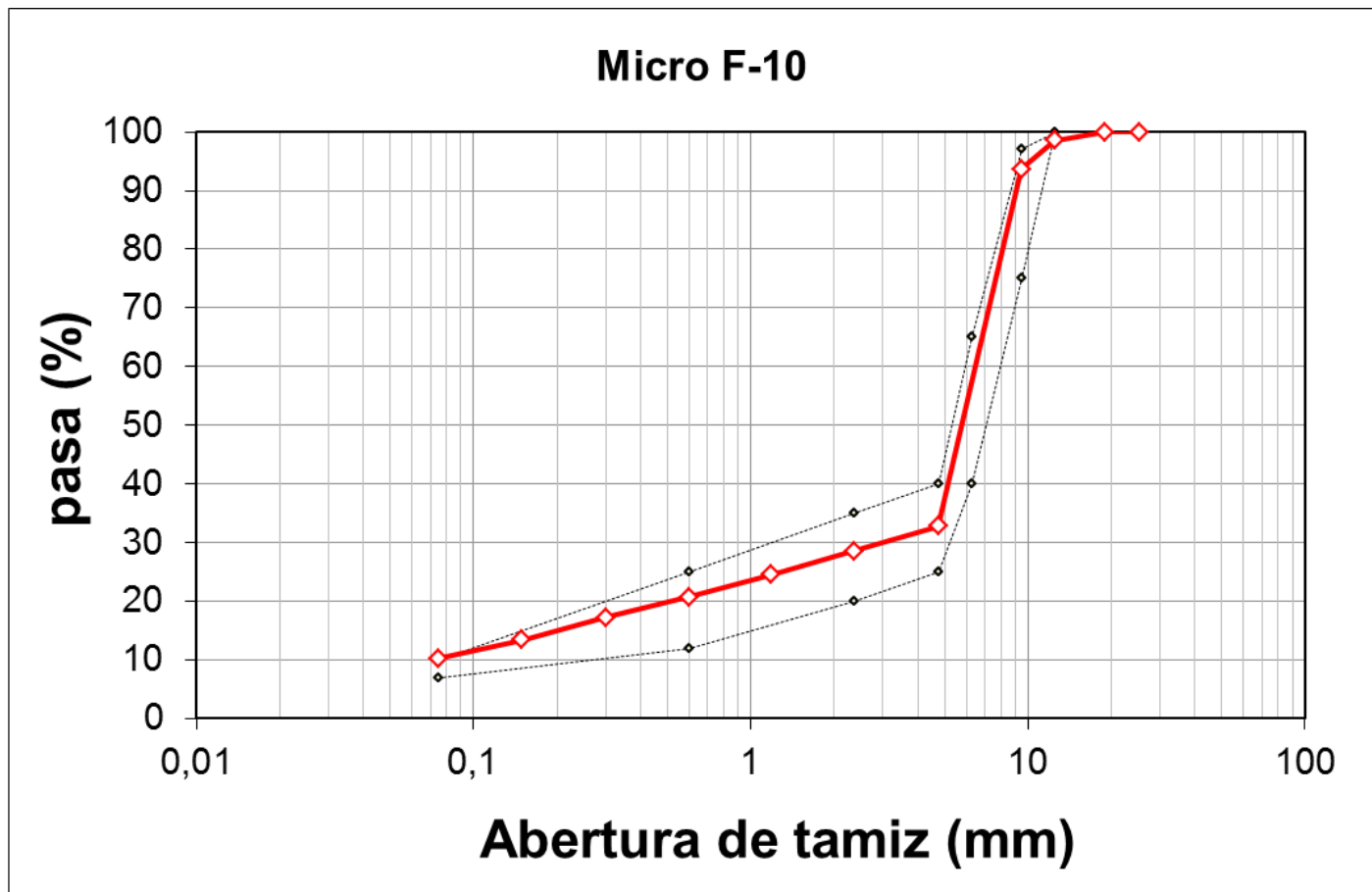


Tabla N°11 – REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN

Parámetro		Exigencia		
Ensayo Marshall (IRAM 6845) (¹)	N° golpes por cara (²)	50		
	Vacios en la mezcla (³)	5 - 7 %		
	Vacíos del agregado mineral (VAM) (²)	Tamaño máximo del agregado pétreo	VAM	
		TMN 12mm	≥ 16 %	
TMN 9 mm		≥ 17 %		
	Relación Betún-Vacios (RBV)	65 – 75 %		
Resistencia conservada mediante el ensayo Lottman modificado (ASTM D 4867 o AASHTO T 283)		> 80 %		
Resistencia a la tracción indirecta (UNE-EN 12697-23)		Determinación obligatoria. (⁴)		
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento "Wheel Tracking Test" (Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B) (⁵)		Requisitos establecidos en la <i>Tabla N°12</i> .		
Contenido mínimo de Cal Hidratada, en peso sobre total de la mezcla		1 %		
Contenido máximo de Cal Hidratada, en peso sobre total de la mezcla		3 %		
Porcentaje mínimo de ligante asfáltico, en peso sobre el total de la mezcla		4,70 %		
Relación "Filler/Asfalto", en peso		≤ 1.7		
Discontinuidad granulométrica (⁶)		< 10 %		

Discontinuidad granulométrica ⁽⁵⁾

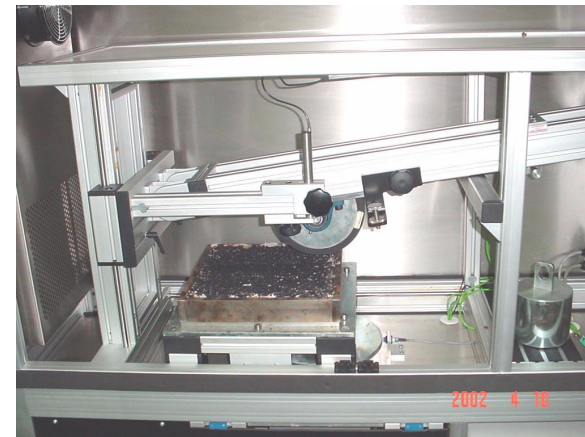
< 10 %

Tabla N°10 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL ESQUELETO GRANULAR DE LOS MICROAGLOMERADOS ASFÁLTICOS DEL TIPO F		
Tamices	Porcentaje en peso que pasa ⁽¹⁾	
	8 ⁽²⁾	10 ⁽²⁾
12,5 mm (½")	---	100
9,5 mm (3/8")	100	75-97
6,3 mm (N° 3)	60-80	40-65
4,75 mm (N° 4)	25-40	25-40
2,36 mm (N° 8)	20-35	20-35
600 µm (N° 30)	12-25	12-25
75 µm (N°200)	7-10	7-10

(6) Referida a la fracción del agregado combinado que pasa por el tamiz IRAM 4,75 mm (N° 4) y es retenida en el tamiz IRAM 2,36 mm (N° 8), respecto del peso total de los agregados que integran la composición granulométrica.

Recomendación no pasar del 30% en el # 4,75 mm (N° 4)

Microaglomerados (MAC) Tipo F



**Tabla N°12 - EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL AHUELLAMIENTO “Wheel Tracking Test”
(Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B)**

Pendiente Media de Deformación (WTS AIRE) [mm/1000 ciclos de carga] en el intervalo de 5000 a 10000
ciclos y Profundidad Media de la Huella (PRD) [%]

WTS aire $\leq 0,08$

PRD $\leq 5\%$

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES
PARA
MICROAGLOMERADOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO F.

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES
PARA
MICROAGLOMERADOS
ASFÁLTICOS EN
CALIENTE Y
SEMICALIENTE DEL
TIPO M.

Microaglomerado Asfáltico en Caliente (MAC) tipo M a la combinación de un ligante **asfáltico modificado**, agregados (incluido Filler) y eventualmente aditivos. Estas mezclas son elaboradas en plantas asfálticas y colocadas en obra a una temperatura muy superior a la ambiente.

Las mezclas MAC son del tipo discontinuas, es decir que los agregados presentan una discontinuidad granulométrica muy acentuada, que se utilizan para capas de rodadura en **espesores reducidos**.

Su finalidad es dotar a la carpeta de rodamiento de adecuadas condiciones de resistencia mecánica, macrotextura, resistencia al deslizamiento y propiedades fono absorbentes.

Microconcretos Asfálticos en Caliente (MAC) Tipo M

Tabla N°10 – HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL ESQUELETO GRANULAR DE LOS MAC M

Tamices	Porcentaje en peso que pasa (1)	
	8 (2)	10 (2)
12,5 mm (½")	---	100
9,5 mm (3/8")	100	75-97
6,3 mm (N° 3)	60-80	35-60
4,75 mm (N° 4)	15-28	15-28
2,36 mm (N° 8)	15-25	12-25
600 µm (N° 30)	9-18	9-18
75 µm (N°200)	5-8	5-8

Microconcretos (MAC) Tipo F y M

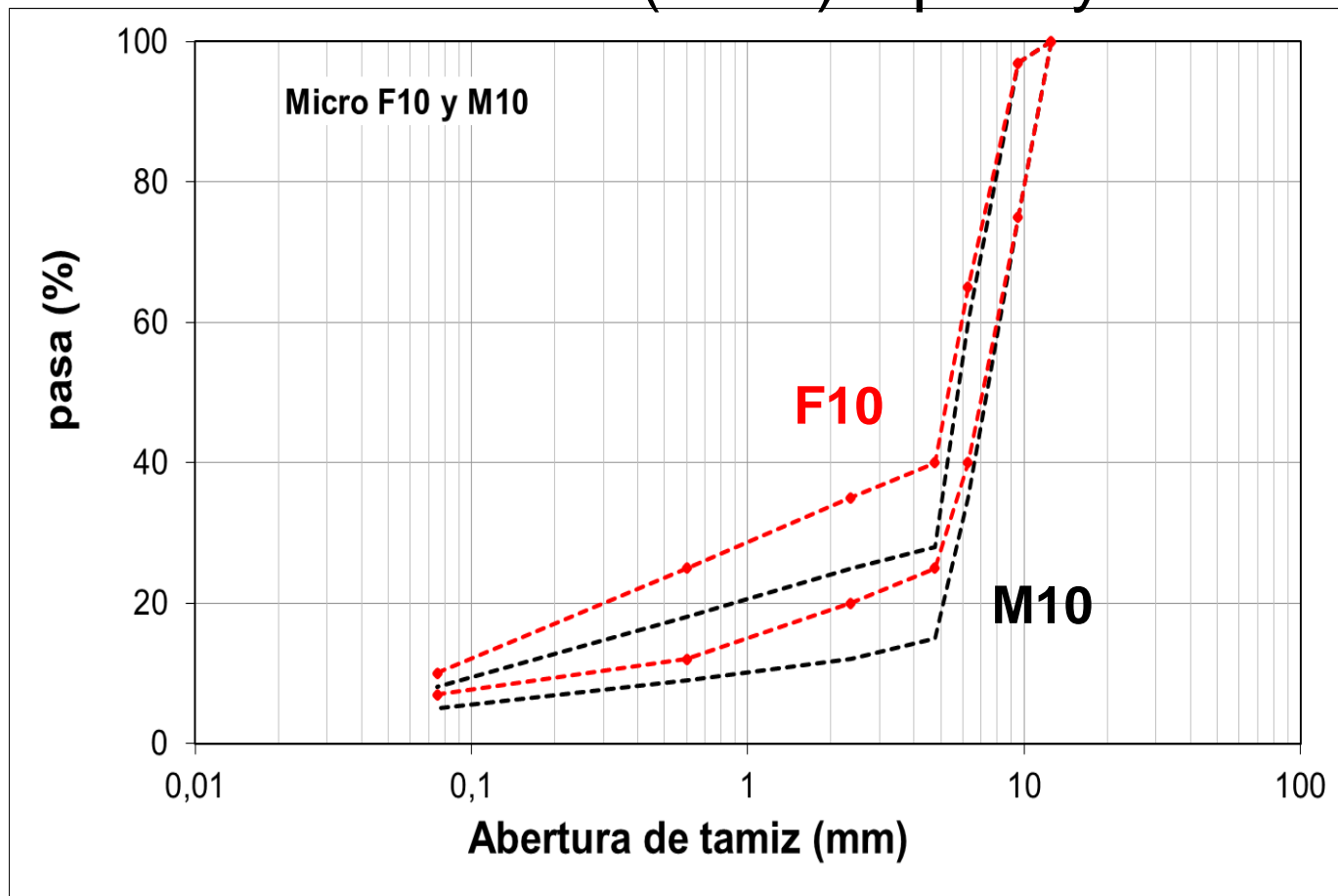


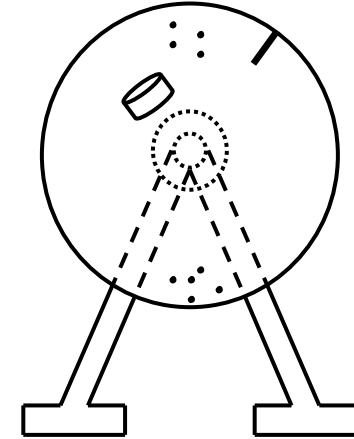
Tabla N°11 – REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN

Parámetro		Exigencia
Ensayo Marshall (IRAM 6845) (1)	N° golpes por cara (2)	50
	Vacios en la mezcla	12 – 20 %
Ensayo Cántabro (UNE-EN 12697-17) (3)	Porcentaje de pérdidas por desgaste en seco	≤ 15 %
	Porcentaje de pérdidas por desgaste tras inmersión	≤ 25 %
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento "Wheel Tracking Test" (Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B) (4)		Requisitos establecidos en la <i>Tabla N°12</i> .
Esgurrimiento de ligante (UNE-EN 12697-18) (5)		≤ 0,3
Contenido mínimo de Cal Hidratada, en peso sobre total de la mezcla		1 %
Contenido máximo de Cal Hidratada, en peso sobre total de la mezcla		3 %
Porcentaje mínimo de ligante asfáltico, en peso sobre el total de la mezcla		4 %
Relación "Filler/Asfalto", en peso		≤ 1,7
Discontinuidad granulométrica (6)		< 10 %
Permeabilidad in-situ (NLT 327) (7)		Tiempo de evacuación < 45 segundos

Ensayo Cántabro (UNE-EN 12697-17)



$$P = \frac{P_i - P_f}{P_i}$$



- 1) Probetas Marshall con 50 golpes por cara
- 2) Ensayo en la máquina de Los Ángeles, 300 vueltas sin esferas abrasivas a 25°C
- 3) En seco y tras inmersión

Ensayo Cántabro



**Probeta
sin ensayar**

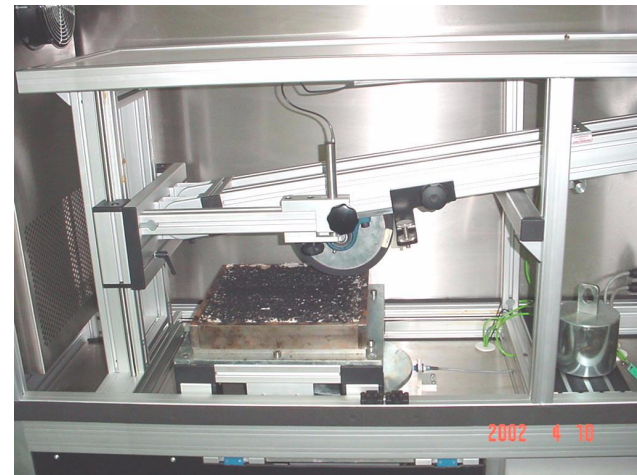


**Cántabro
en seco**



**Cántabro
tras inmersión**

Microconcretos (MAC) Tipo M



**Tabla N°12 - EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL AHUELLAMIENTO “Wheel Tracking Test”
(Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B)**

Pendiente Media de Deformación (WTS AIRE) [mm/1000 ciclos de carga] en el intervalo de 5000 a 10000 ciclos y Profundidad Media de la Huella (PRD) [%]

WTS aire $\leq 0,08$

PRD $\leq 5\%$



Tabla N°27 – REQUISITO DE TEXTURA SUPERFICIAL INICIAL

Característica	Norma	Rango de resultado	
		8 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾
Macrotextura (Circulo de arena)	IRAM 1850	Promedio del lote > 0,9 mm Desvío estándar < 0,2 mm	Promedio del lote > 1,1 mm Desvío estándar < 0,2 mm

⁽¹⁾ Se coloca solo la parte de la nomenclatura vinculada al esqueleto granular (tamaño máximo nominal).

DENSA

Característica	Norma	Rango de resultado
Macrotextura (Circulo de arena)	IRAM 1850	Promedio del lote > 0,45 mm Desvío estándar < 0,15 mm



MICROAGLOMERADO

Tabla N°27 – REQUISITO DE TEXTURA SUPERFICIAL INICIAL

Característica	Norma	Rango de resultado	
		8 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾
Macrotextura (Circulo de arena)	IRAM 1850	Promedio del lote > 0,9 mm Desvío estándar < 0,2 mm	Promedio del lote > 1,1 mm Desvío estándar < 0,2 mm

⁽¹⁾ Se coloca solo la parte de la nomenclatura vinculada al esqueleto granular (tamaño máximo nominal).

PORCENTAJE DE PESO EN MEZCLA				
ARIDO	ARIDO	FILLER	CAL	CEMENTO
6 -12	0 -3	CALCAREO		ASFALTICO
70.9	15.7	7.5	1	4.9

Resultados de dosificación para mezclas F10		
Parámetro	Exigencia	Resultados
Estabilidad [KN]	>7.5	9.1
Porcentaje de Vacíos en mezcla	5 - 7	5.3
Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral VAM	≥16	17.2
Porcentaje de Relación Betún-Vacíos	65-75	75
Densidad aparente [g/cm ³]	-	2.384
Porcentaje de Resistencia Conservada mediante el ensayo de Tracción Indirecta	> 80	90
Porcentaje mínimo de ligante	4.7	4,8





Microaglomerados Tipo F

CAMPO DE APLICACIÓN

- ❖ Autopistas
- ❖ Autovías
- ❖ Urbanas
- ❖ Rutas renovación de las características superficiales

A close-up photograph of a road surface. The image shows a transition from a dark, smooth asphalt surface on the left to a lighter, textured Stone Mastic Asphalt (SMA) strip in the center and right. The SMA strip is composed of dark aggregate particles embedded in a light-colored mastic binder. The text "Stone Mastic Asphalt (SMA)" is overlaid in blue on the SMA strip.

Stone Mastic Asphalt (SMA)

Stone Mastic Asphalt (SMA)

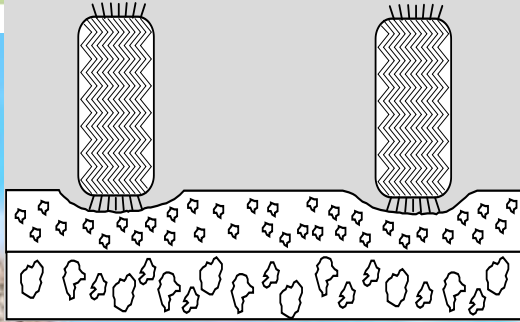
Se define como Concreto Asfáltico en Caliente del tipo Stone Mastic Asphalt (SMA) a la combinación de un ligante asfáltico (**convencional o modificado**), agregados (incluido Filler), fibras y eventualmente aditivos.

Estas mezclas son elaboradas en plantas asfálticas y colocadas en obra a una temperatura muy superior a la ambiente.

Su finalidad es dotar a la carpeta de rodamiento de adecuadas condiciones de resistencia mecánica, macrotextura, resistencia al deslizamiento y propiedades fono absorbentes

Mezclas de base y Carpetas de rodamiento

ASUNCIÓN
2022



Stone Mastic Asphalt (SMA)



Stone Mastic Asphalt (SMA)

Características:

- ✓ Buen comportamiento a fatiga
- ✓ Microtextura áspera
- ✓ Macrotextura rugosa
- ✓ Bajo nivel sonoro
- ✓ Impermeables
- ✓ Alta resistencia a las deformaciones plásticas
- ✓ Alta durabilidad

ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
**Vialidad
y Tránsito**

Asunción, 20 y 21 de octubre 2022



IAPC
ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC
COMITE NACIONAL



ASUNCIÓN
2022

4^{TO} CONGRESO
PARAGUAYO
Vialidad
y Tránsito



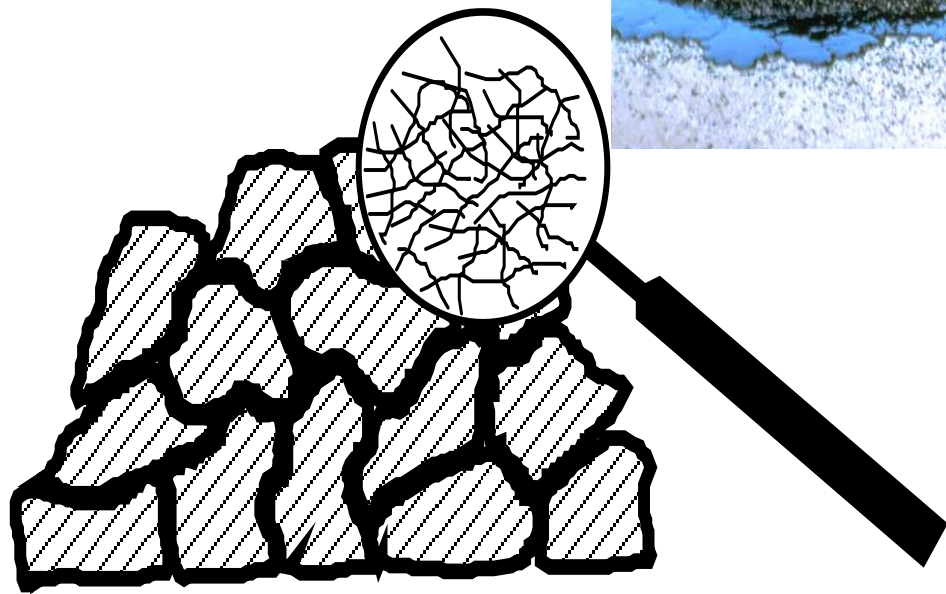
APC

ASOCIACIÓN PARAGUAYA DE CARRETERAS

PIARC
COMITE NACIONAL



Asbesto

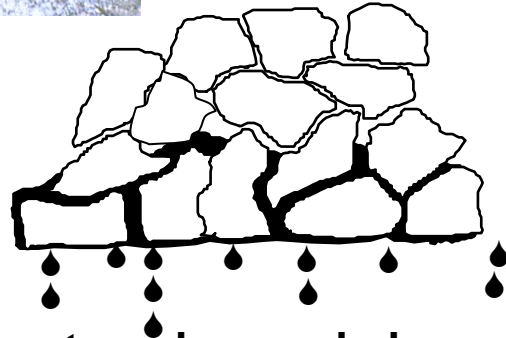




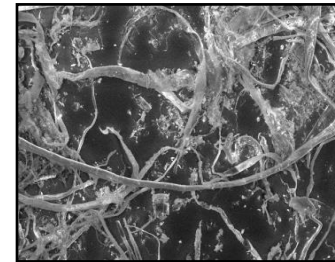
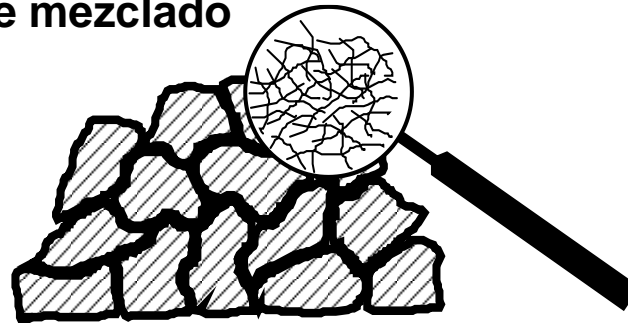
Stone Mastic Asphalt (SMA)

Asfaltos convencionales

Asfaltos modificados



Temperatura de mezclado



Fibras de celulosa

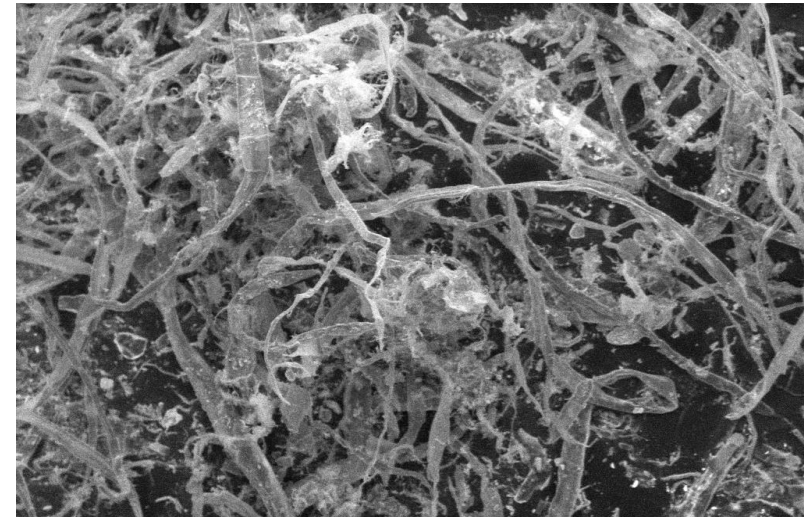
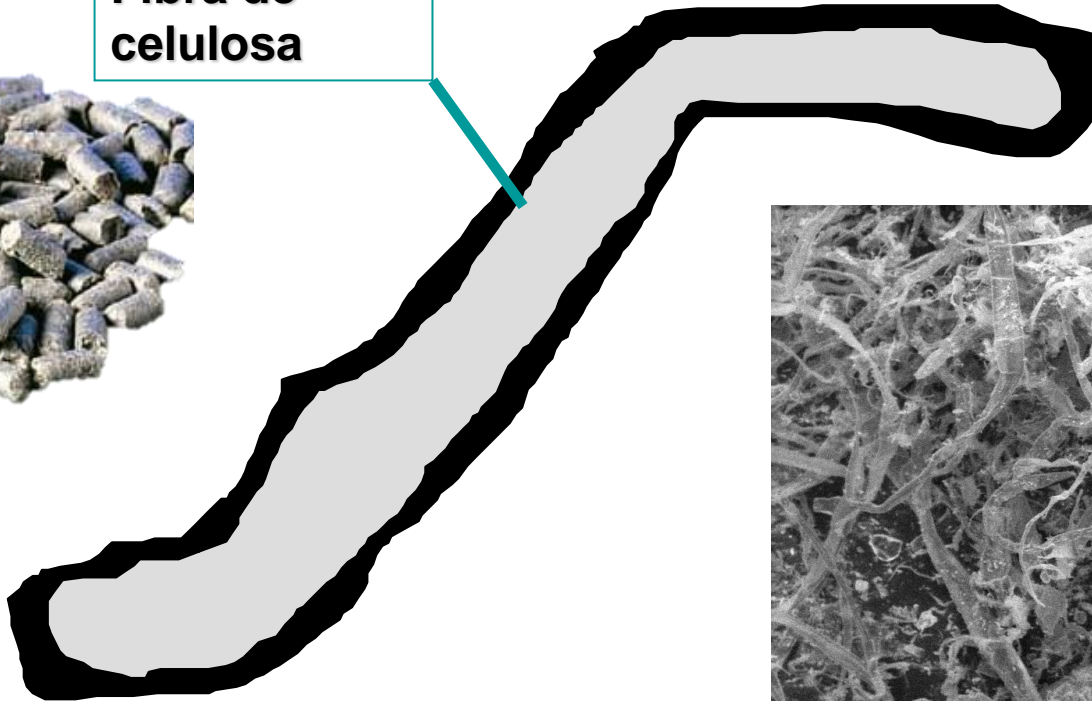
Distribución de tensiones



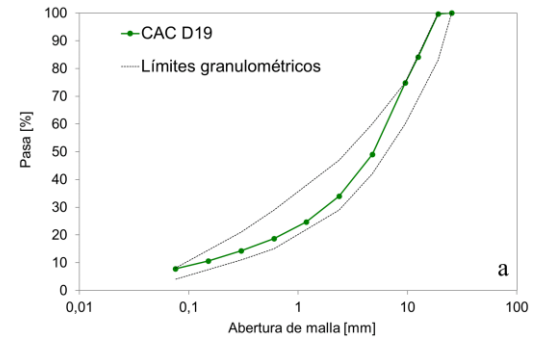
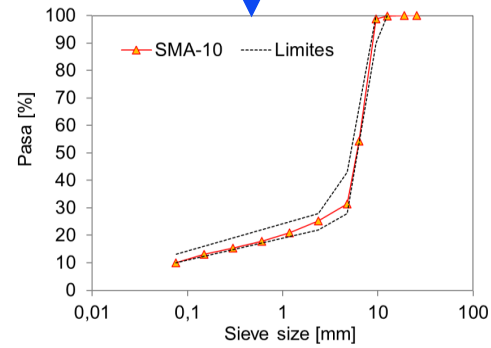
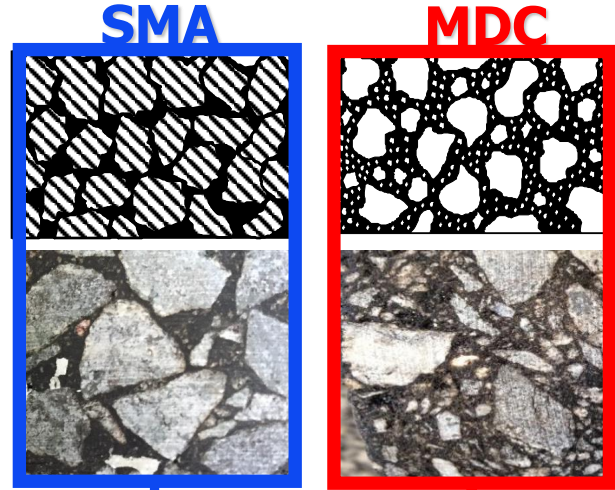
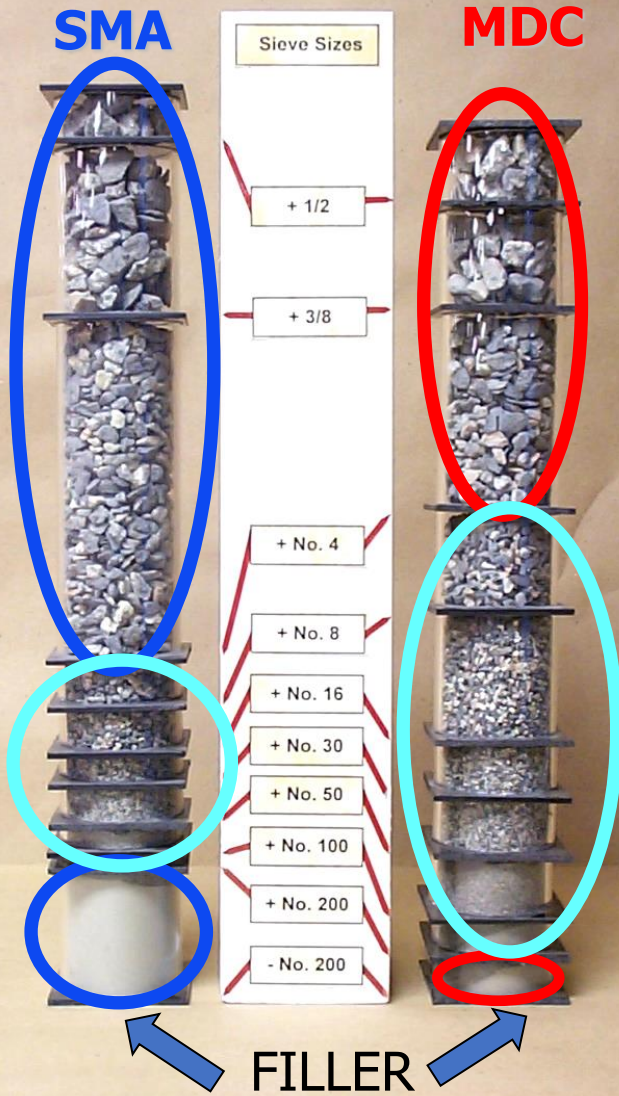
Fibras actúan como agente estabilizador el asfalto no escurre

Stone Mastic Asphalt (SMA)

Fibra de
celulosa



MAG = 211 X
100µm
EHT = 20.00 kV
WD = 8 mm
Signal A = VPSE
Photo No. = 946



Stone Mastic Asphalt (SMA)

Composición Granulométrica

Contacto Interparticular

Compactación método Marshall 50

Contenido de vacíos

Escurrimiento del ligante

Wheel-Tracking Test

N° golpes por cara (1)	50
Vacíos en la mezcla (2)	3 - 5 %

Vacíos del agregado	Tamaño máximo del agregado pétreo	VAM
VCA mix (AASHTO MP8)	< VCA varillado (AASHTO T19)	

Relación Betón-Vacíos	Tipo de capa	RBV
-----------------------	--------------	-----

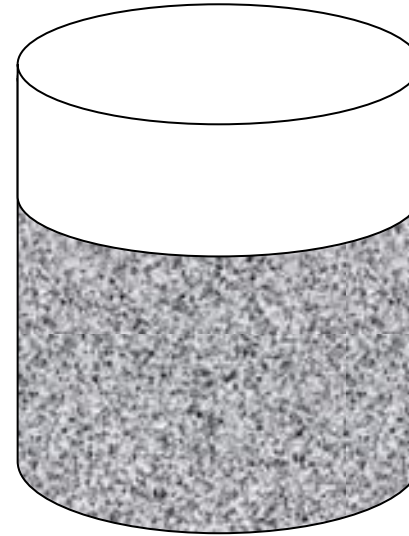
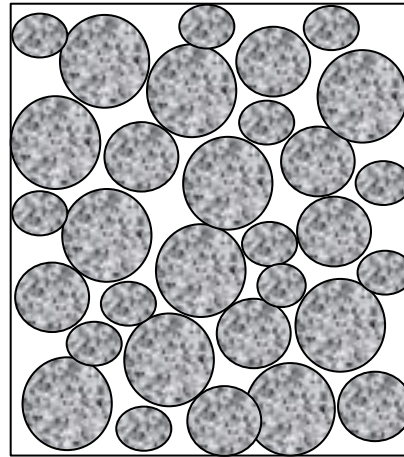
Escurecimiento de ligante (UNE-EN 12697-18) (4)	≤ 0,3
Porcentaje mínimo de fibras, en peso sobre el total de la mezcla	0,35 %
Contenido mínimo de Cal Hidratada, en peso sobre total de la mezcla	1 %
Contenido máximo de Cal Hidratada, en peso sobre total de la mezcla	3 %

Escurecimiento de ligante (UNE-EN 12697-18) (4)	≤ 0,3
Porcentaje mínimo de fibras, en peso sobre el total de la mezcla	0,35 %
Contenido mínimo de Cal Hidratada, en peso	

Porcentaje mínimo de ligante asfáltico, en peso sobre el total de la mezcla	5,0 %, si el TMN > 12 5,5 %, si el TMN ≤ 12
---	--

VERIFICACIÓN DEL CONTACTO INTERPARTICULAR PESO DE LA UNIDAD DE VOLUMEN Y VACÍOS EN AGREGADOS GRUESOS

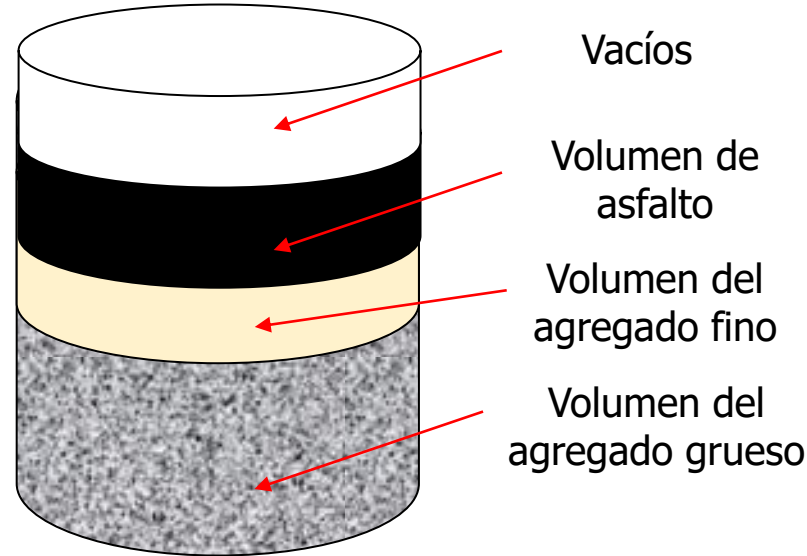
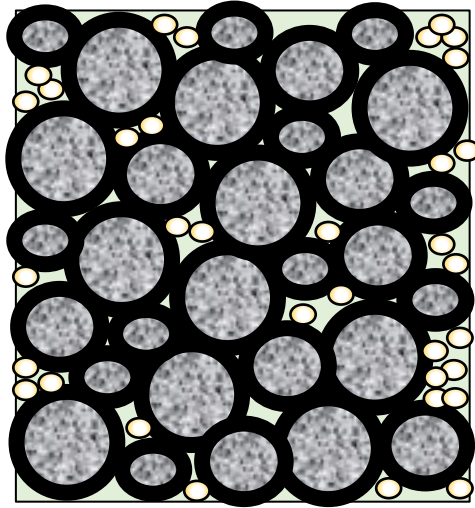
AASHTO Designación T 19-80, ASTM Designación C 29-78



Vacíos del
agregado grueso
VCA_{varillado}

Volumen del
agregado grueso

VERIFICACIÓN DEL CONTACTO INTERPARTICULAR PESO DE LA UNIDAD DE VOLUMEN Y VACÍOS EN AGREGADOS GRUESOS



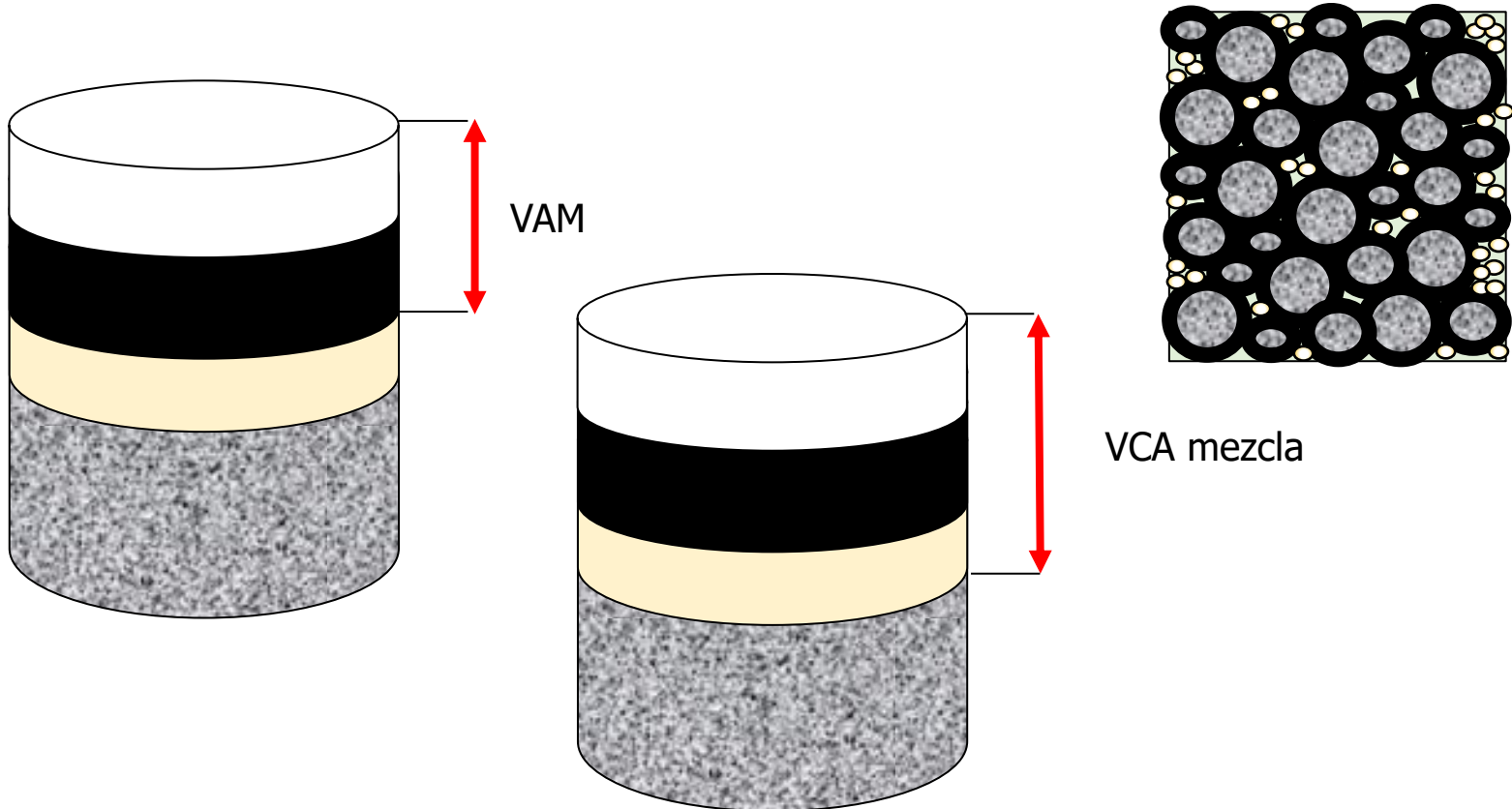
$$VCA_{MIX} = 100 - \frac{G_{mb} \times P_{ca}}{G_{ca}}$$

G_{mb} : Peso Específico Aparente de la Mezcla compactada

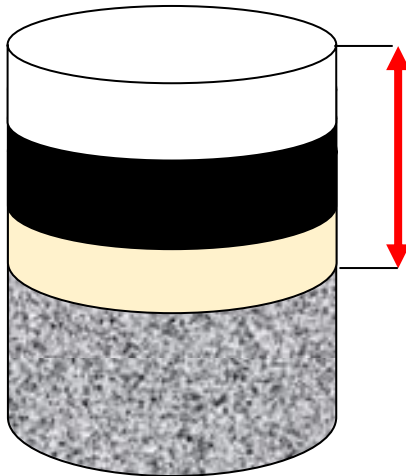
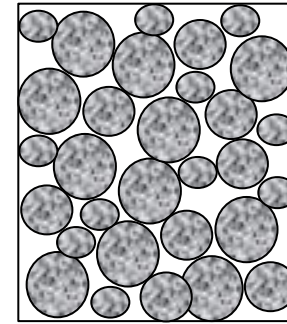
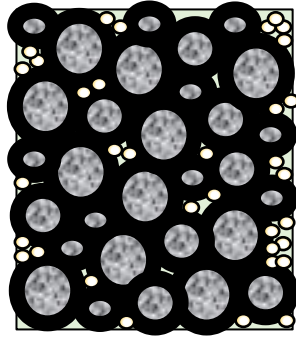
G_{ca} : Gravedad Específica Aparente de la fracción gruesa de Áridos

P_{ca} : % de fracción gruesa en la mezcla

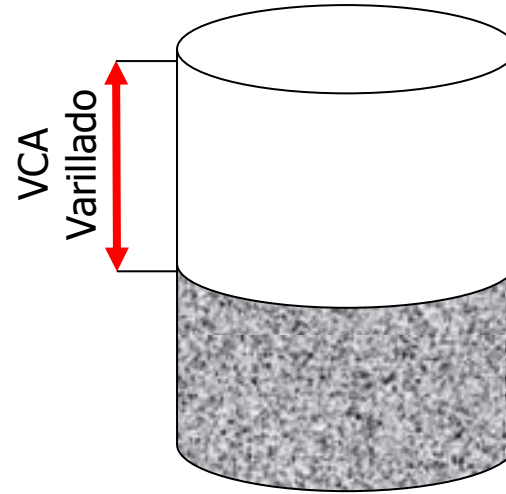
VERIFICACIÓN DEL CONTACTO INTERPARTICULAR PESO DE LA UNIDAD DE VOLUMEN Y VACÍOS EN AGREGADOS GRUESOS



VERIFICACIÓN DEL CONTACTO INTERPARTICULAR PESO DE LA UNIDAD DE VOLUMEN Y VACÍOS EN AGREGADOS GRUESOS



VCA
mezcla



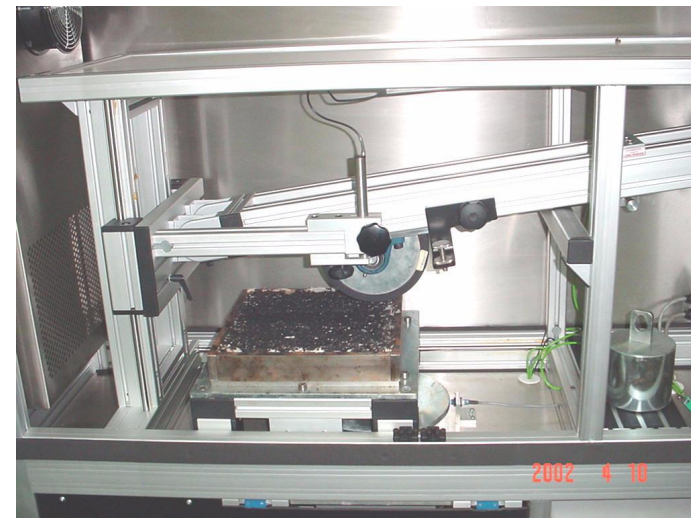
VCA
Varillado



SMA 0 - 12

Escurrecimiento de Ligante

Método Schellenberg. (UNE-EN 12697-18)



**Tabla N°12 - EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL AHUELLAMIENTO “Wheel Tracking Test”
(Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B)**

Pendiente Media de Deformación (WTS AIRE) [mm/1000 ciclos de carga] en el intervalo de 5000 a 10000
ciclos y Profundidad Media de la Huella (PRD) [%]

WTS aire $\leq 0,08$

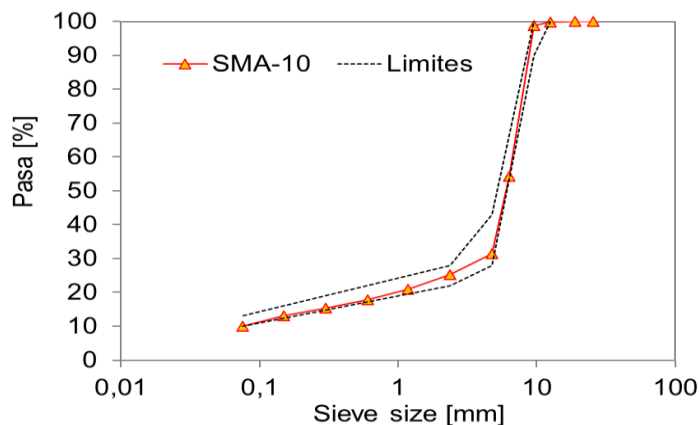
PRD $\leq 5\%$

VIALIDAD NACIONAL

PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONCRETOS ASFÁLTICOS EN CALIENTE Y SEMICALIENTE DEL TIPO SMA.

SMA: HUSOS GRANULOMETRICOS (% PASA)

Tamices	SMA 10	SMA 12	SMA 19
19.0 mm ($3/4''$)	-	100	100
12.5mm ($1/2''$)	100	90 – 100	45 – 60
9.5 mm ($3/8''$)	90 – 100	32 – 62	30 – 45
4.75mm (Nº 4)	28 – 43	25 – 32	20 – 25
2.36mm (Nº 8)	22 – 28	20 – 27	16 – 23
75µm (Nº 200)	10 - 13	9 - 13	9 - 13





DIRECCIÓN GENERAL DE
CARRETERAS

ORDEN CIRCULAR OC 3/2019 SOBRE MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO SMA

544 MEZCLAS BITUMINOSA TIPO SMA

TABLA 544.8 - HUSOS GRANULOMÉTRICOS. CERNIDO ACUMULADO (% en masa)

TIPO DE MEZCLA (*)	ABERTURA DE LOS TAMICES. NORMA UNE-EN 933-2 (mm)							
	22	16	11,2	8	4	2	0,5	0,063
SMA 8	—	—	100	90-100	30-45	25-35	12-22	7-9
SMA 11	—	100	90-100	55-80	22-33	20-30	12-20	6-10
SMA 16	100	90-100	55-80	35-55	17-35	15-25	10-18	6-10

TABLA 544.9 - TIPO, COMPOSICIÓN Y DOTACIÓN DE LA MEZCLA

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)	DOTACIÓN MÍNIMA DE LIGANTE (%) (*)
Rodadura	SMA 8 surf	2-4	6,0
	SMA 11 surf	3-5	5,8
	SMA 16 surf	4-6	
Intermedia	SMA 16 bin	5-9	5,6

NORMA UNE-EN 12697-30 (50 golpes por cara)

TIPO DE MEZCLA	% DE HUECOS (Norma UNE-EN 12697-8)
SMA 8	4 - 6
SMA11	
SMA 16	4 - 7

PORCENTAJE DE PESO EN MEZCLA					
ARIDO 6 -12	ARIDO 0 -3	FILLER CALCAREO	CAL	FIBRA	CEMENTO ASFALTICO
71.6	12.2	8.4	1	0.4	6.4

Resultados de dosificación para mezclas SMA12		
Parámetro	Exigencia	Resultados
Porcentaje de Vacíos en mezcla	3-5	3.2
Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral VAM	≥ 17	18.25
Porcentaje de Relación Betún-Vacíos	70-80	80
Densidad aparente [g/cm ³]	-	2.350
Porcentaje de Resistencia Conservada mediante el ensayo de Tracción Indirecta	> 85	97
Porcentaje mínimo de fibras de celulosa	0.35	0.4
Porcentaje de Ecurrimiento de Ligante (Schellenberg Test)	< 0.3	0.15

Mezcla SMA con asfalto resistente a los solventes

PORCENTAJE DE PESO EN MEZCLA

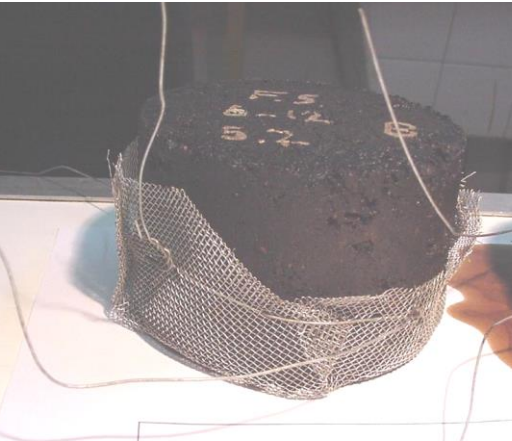
ARIDO 6 -20	ARIDO 6 -12	ARIDO 0 -3	FILLER CALCAREO	FIBRA	ASFALTO RESISTENTE A LOS SOLVENTE
65.8	4.2	14.1	9.4	0.5	6.0



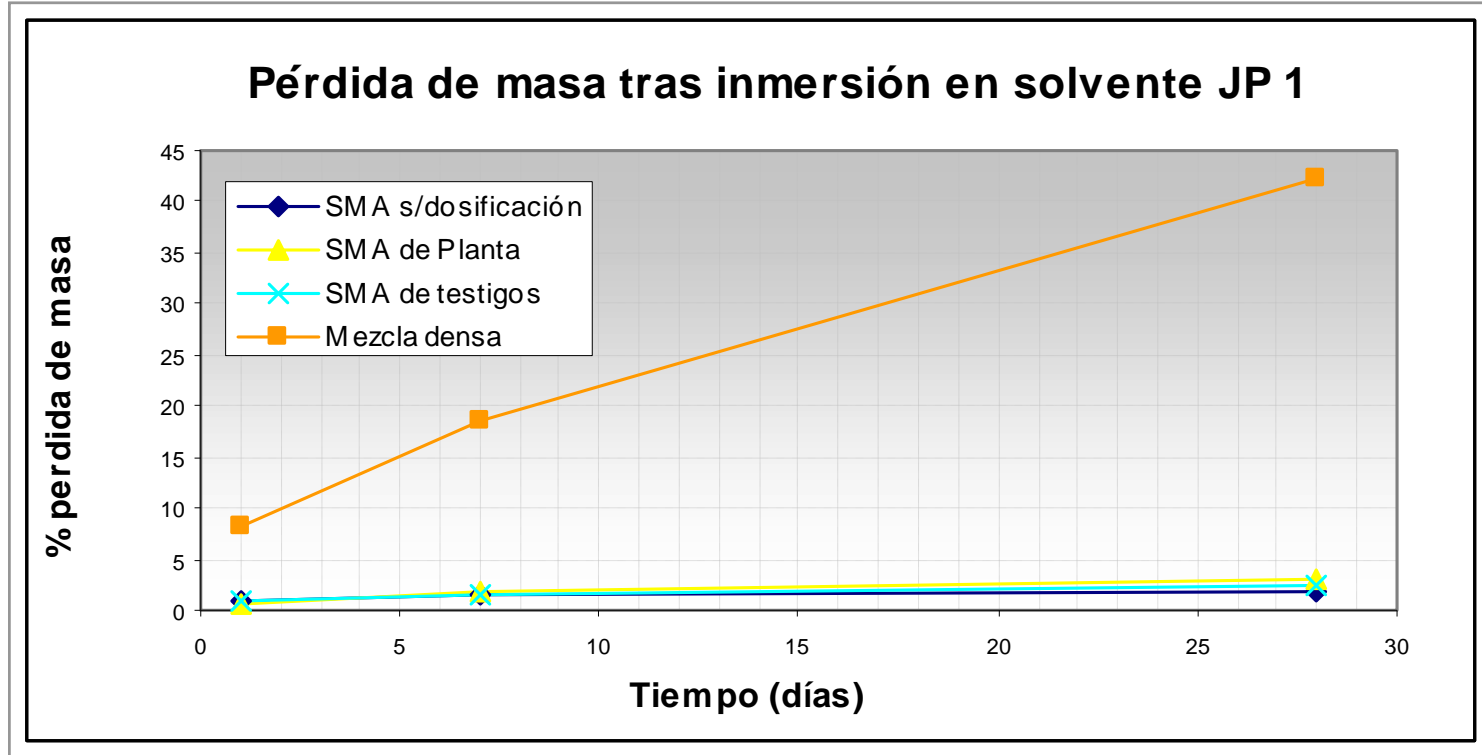
Mezcla SMA con asfalto resistente a los solventes

Procedimiento para evaluar la resistencia a los solventes en probetas de laboratorio (Steemberg)

- ✓ Se moldean tres juegos de probetas Marshall según diseño
- ✓ Se pesan antes de ser sumergidas en solvente JP1 (Fuel Jet)
- ✓ Se sumerge cada juego en JP1 (1, 7, 28 días).
- ✓ Se retiran del solvente y se secan hasta peso constante
- ✓ Se vuelven a pesar y se determina porcentualmente la pérdida de peso.

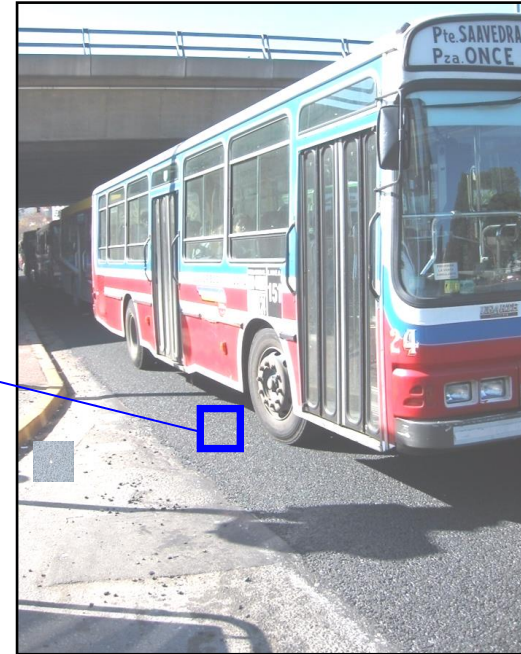


Mezcla SMA con asfalto resistente a los solventes



Stone Mastic Asphalt (SMA)





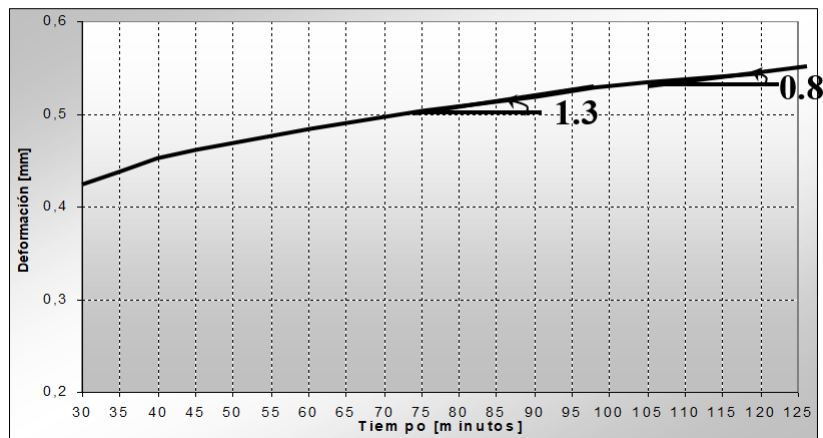


SMA

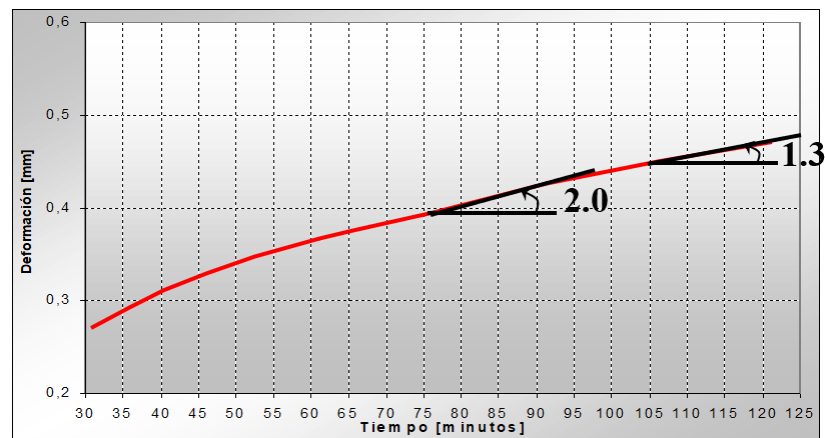
CAMPO DE APLICACIÓN

- ❖ Autopistas o Autovías
- ❖ Zonas de tráfico pesado (Resistente al ahullamiento)
- ❖ Vías Urbanas
- ❖ Rutas renovación de las características superficiales
- ❖ Carpeta o Base

ENSAYO WHEEL TRACKING TEST SMA – 8.2 Toneladas

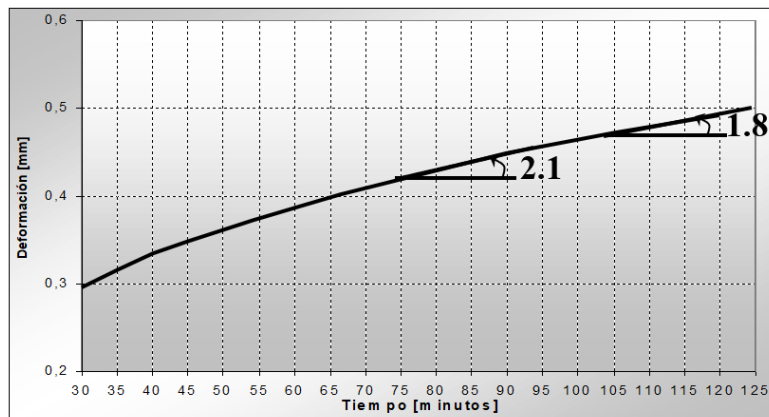


ENSAYO WHEEL TRACKING TEST MICROAGLOMERADO – 8.2 Toneladas

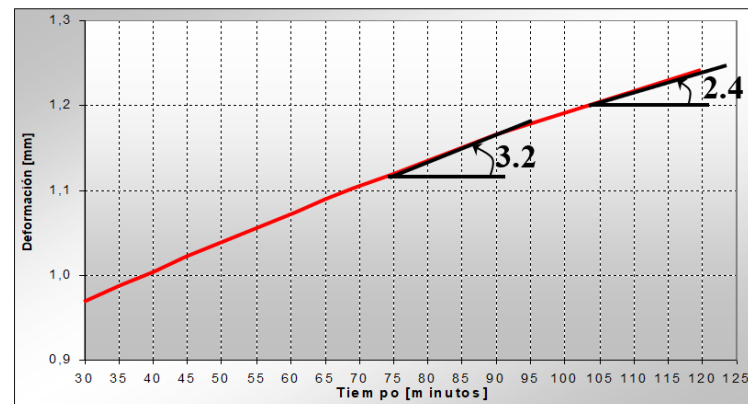


8,2 Toneladas		
Mezcla / Intervalo	SMA [10 ⁻³ mm/min]	Micro [10 ⁻³ mm/min]
V75-90	1,3	2,0
V105-120	0,8	1,3

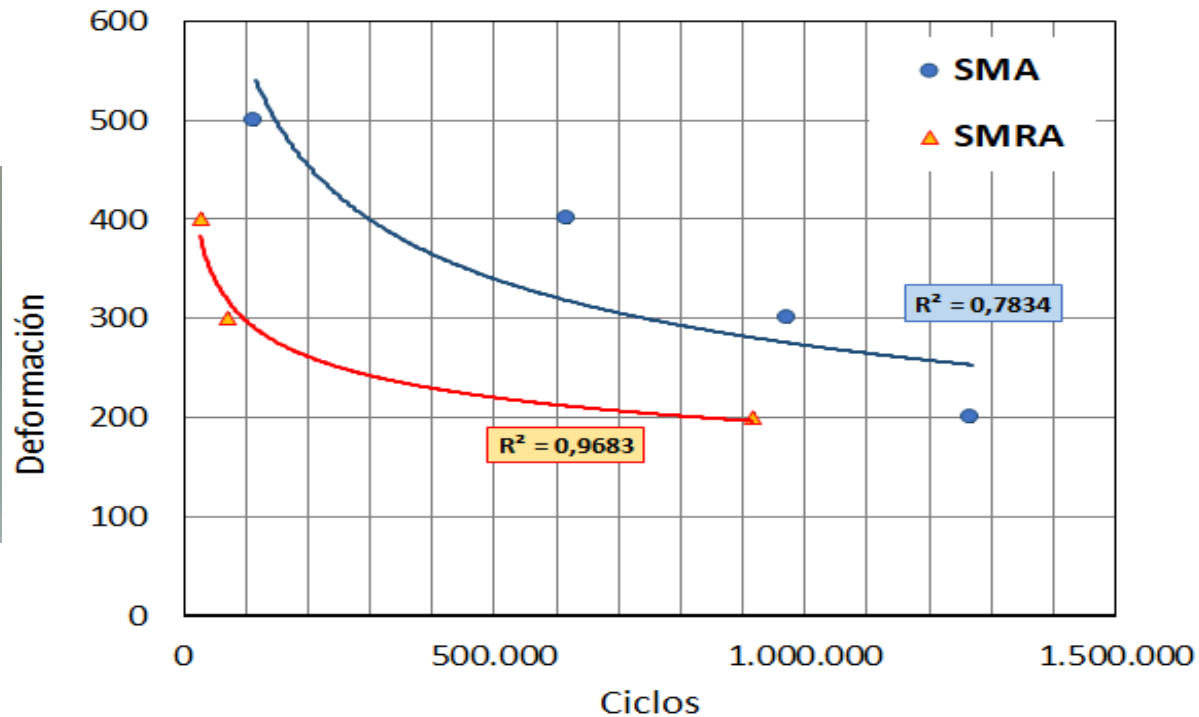
ENSAYO WHEEL TRACKING TEST SMA – 13 Toneladas



ENSAYO WHEEL TRACKING TEST MICROAGLOMERADO – 13 Toneladas



13 Toneladas		
Mezcla Intervalo	SMA [10 ⁻³ mm/min]	Micro [10 ⁻³ mm/min]
V75-90	2,1	3,2
V105-120	1,8	2,4



• **Introducción**

Algunas Características de las Mezclas y sus materiales componentes

• **Desarrollo**

Mezclas discontinuas, características ,diseño, campos de aplicación.

- Drenantes
- Micro F10 y M10
- SMA

• **Conclusiones**

- Mezclas de granulometría discontinua
- Tiene un gran campo de aplicación
- Presentan condiciones de seguridad y confort para los usuarios
- Fonoabsorventes
- Cada mezcla tiene particularidades en el diseño respecto de una convencional (Tramos de prueba)
- Mezclas mayor durabilidad mas sustentables





Mezclas de graduación discontinuas:

Drenantes, Microaglomerados y SMA

Dosificación y aplicaciones

MUCHAS GRACIAS

Preguntas

Dr. Ing. Rodolfo Adrián Nosetti



**COMISIÓN PERMANENTE
DEL ASFALTO**