

9a Jornada Técnica del Asfalto

“Soluciones para Pavimentos de Altas Prestaciones”

Ings. Diego Larsen y Lisandro Daguerre (CPA)



Soluciones para Pavimentos de Altas Prestaciones

- ☐ Mezcla Altamente Modificado AAMP – HIMA
- ☐ Alto Módulo



Agenda

- 📄 *Marco de Referencia*
- 📄 *Características de la obra*
- 📄 *Desarrollo, puesta en obra*
- 📄 *Consideraciones finales*



- **PROBLEMÁTICA: Causa - Efecto**
- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**
 - ✓ **Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados**
 - ✓ **Mezclas Asfálticas de Alto Módulo**



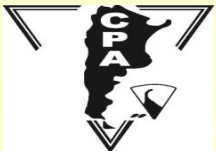
• PROBLEMÁTICA

CAUSA : Alto Tránsito Pesado y exceso de cargas



• PROBLEMÁTICA

EFEECTO : Ahuellamiento y Fisura por Fatiga entre otros deterioros



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

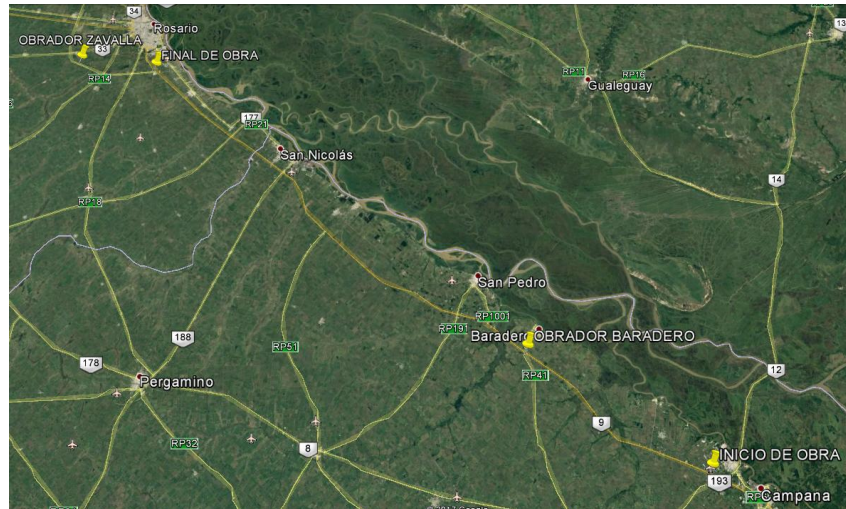
- ✓ **Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados**



✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados

Ubicación de la Obra: Ruta Nacional 9. Reacondicionamiento de infraestructura del CORREDOR VIAL Nº 5, y que corresponde a la calzada ascendente de la Autopista Buenos Aires – Rosario entre el Km 157,00 y el Km 278,30; y la calzada descendente entre el km 188,00 y el km 278,30.

Intervención aproximada 200Km



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados

La Ruta Nacional Nro 9, se encuentra localizada al noroeste de la ciudad de Buenos Aires y es el vinculo terrestre con la ciudad de Rosario.

La obra en estudio se ha desarrollado entre el Km 157 y 278.3

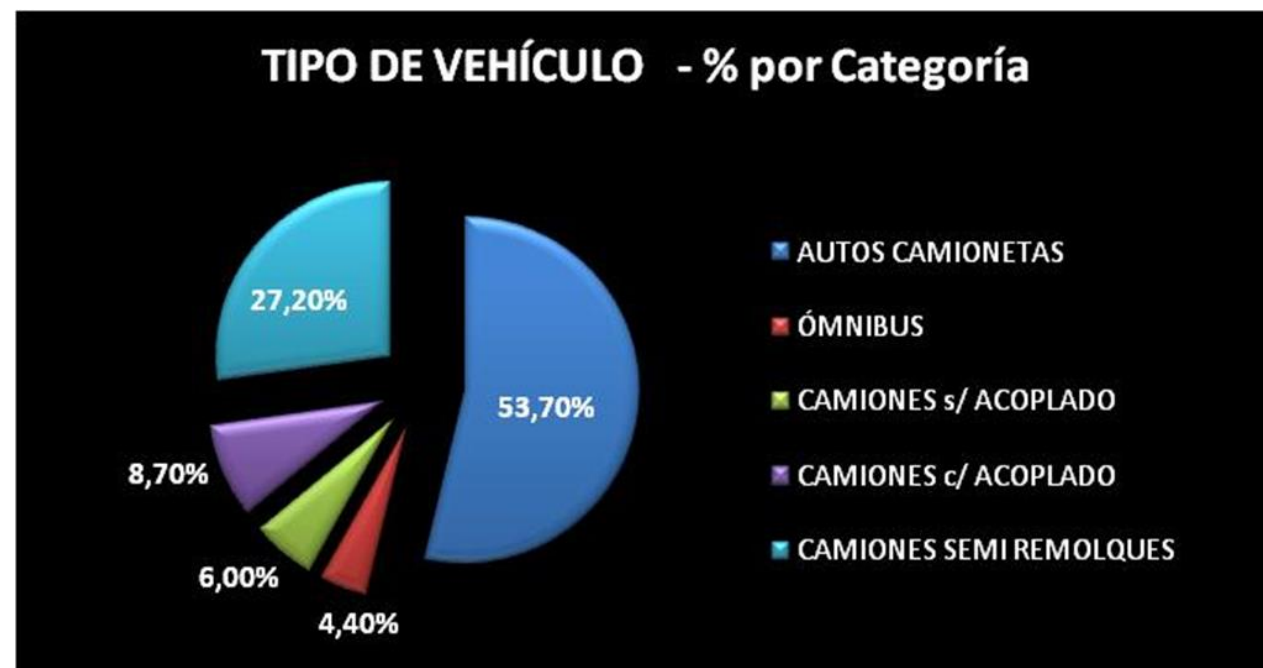


• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados

T.M.D.A. Y COMPOSICIÓN PORCENTUAL

DESDE	HASTA	PR_I	PR_F	TMDA				
				2011	2012	2013	2014	2015
INT. R.N. A023	INT. R.P. 191	153,55	162,44	18900	18900	18200	18000	18150
INT. R.P. 191	B/N R.P. 51	162,44	204,94	19800	19800	19400	19200	19600
B/N R.P. 51	A/N R.N.188 (FCGM)	204,94	227,03	23000	23000	23400	23200	23700



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados

Objetivo de la Intervención: reducir la evolución del ahuellamiento, principalmente sobre el carril lento de ambas calzadas, ascendente y descendente. Por otro lado, mejorar la seguridad y confort al conductor, en lo que respecta al aumento de macro y microtextura, disminución del aquaplaning y del nivel de sonoridad interno.



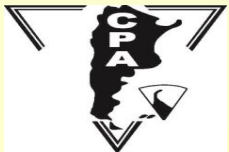
• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados

Se recurrió al reemplazo de algunas de las capas existentes del paquete estructural y se colocó:

- Una Base inferior con una mezcla asfáltica con asfalto tipo AM3 Tmax 19mm
- **Una Base Superior con una mezcla asfáltica en caliente elaborada con asfalto altamente modificado (AAMP) Tmax 19mm**
- Una mezcla asfáltica para superficie de rodamiento tipo MAC F10.

Una estructura diseñada para contrarrestar los fenómenos más usuales y de mayor relevancia en la vida útil de una capa asfáltica, fisuración por fatiga, deformación permanente o ahuellamiento y/o fisuras reflejas.

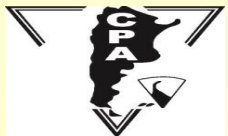


• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados



El tramo fue dividido en 4 secciones con variantes estructurales, en la vista presente, la CAC D 19 AAMP se extendió como base superior tanto en el carril lento como en el rápido en 6 cm de espesor y la CAC D 19 con AM3 solamente como sub base en la trocha lenta, también en 6 cm. La capa existente ligada con asfalto vario entre 16 y 20 cm. Como capa de rodamiento se colocó un microaglomerado discontinuo F 10 en 3cm de espesor. Se efectuaron bacheos superficiales y profundos



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES
PARA CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE DEL
TIPO DENSO, TAMAÑO MÁXIMA 19mm, CON
ASFALTO AAMP -CAC D19 AAMP - (Altamente
Modificado con Polímero).



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

a) Huso granulométrico

HUSO GRANULOMÉTRICO CONCRETOS ASFÁLTICOS DENSOS

Tamices

Porcentaje en peso que pasa

CAC D 19

25 mm (1")

100

19 mm (3/4")

83-100

9,5 mm (3/8")

60-75

4,75 mm (N° 4)

45-60

2,36 mm (N° 8)

33-47

600 µm (N° 30)

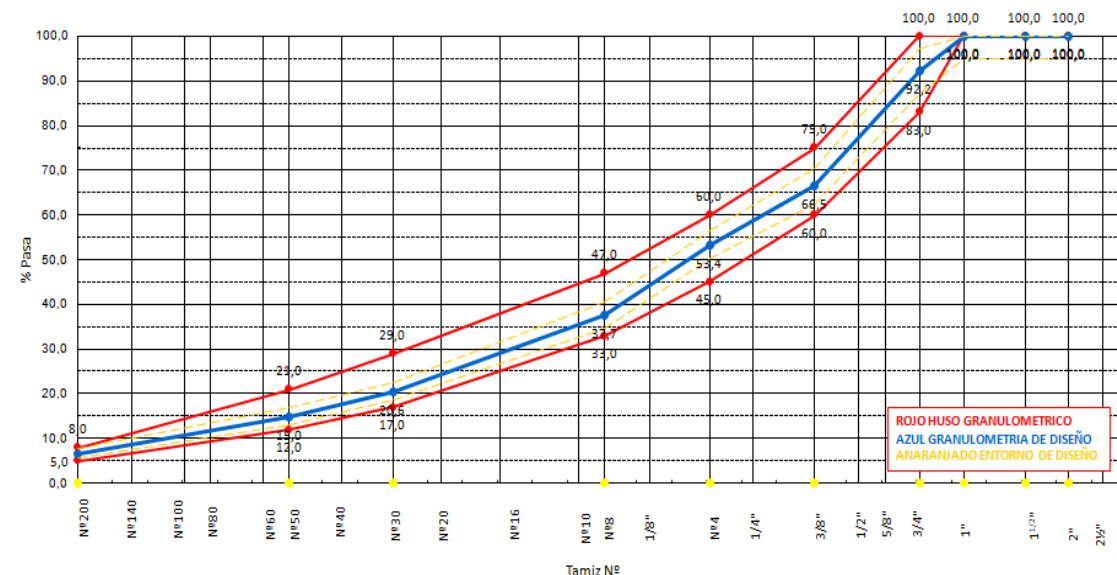
17-29

300 µm (N° 50)

12-21

75 µm (N°200)

5-8



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

a) Asfalto Norma IRAM 6596

Características	Unid.	AM-1		AM-2		AM-3		AM-4		Norma IRAM
		min	max	min	max	min	max	min	max	
Asfalto original										
Penetración (25°C; 100g; 5s)	0,1 mm	20	40	50	80	50	80	120	150	6576
Punto de Ablandamiento (A y B)	°C	60	-	60	-	65	-	60	-	6841
Punto de ruptura fraass	°C	-	-5	-	-10	-	-12	-	-15	6831
Recuperación elástica p/ torsión (25°C)	%	10	-	40	-	70	-	60	-	6830
Punto de inflamación v/a	°C	230	-	230	-	230	-	230	-	IAPA 6555
Estabilidad al almacenamiento										
diferencia Punto Reblandecimiento	°C	-	5	-	5	-	5	-	5	6841
diferencia Penetración (25 °C)	0,1 mm	-	8	-	10	-	10	-	15	6576
Resíduo luego de película delgada RTFOT										
Variación de masa	%	-	1	-	1	-	1	-	1	6839
Penetración (25°C; 100g; 5s)	% p.o	70	-	65	-	65	-	60	-	6576
Variación del punto de ablandamiento	°C	-5	10	-5	10	-5	10	-5	10	6841

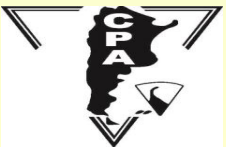


- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**
 - ✓ **Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados**
CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

a) Asfalto

DEFINICIÓN DE ASFALTO ALTAMENTE MODIFICADO CON POLÍMEROS

Se define como Asfalto Altamente Modificado con Polímeros (AAMP) a un ligante asfáltico que tiene en su composición un alto contenido de polímeros; lo cual le permite alcanzar prestaciones superiores a los asfaltos modificados establecidos en la normativa IRAM 6596



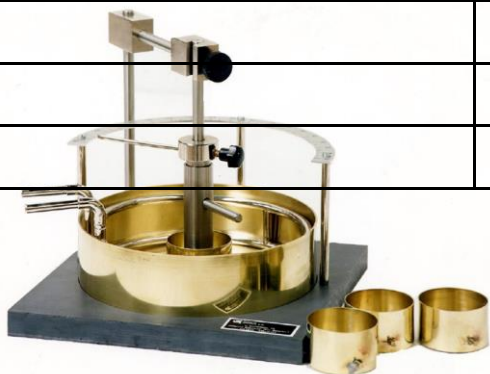
• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

b) Asfalto

Requisitos Particulares

REQUISITOS PARTICULARES			
Característica	Unidad	Exigencia	Método de ensayo
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)	0,1 mm	50 - 80	IRAM 6576
Punto de ablandamiento	°C	> 80	IRAM 6841
Recuperación elástica por torsión	%	> 90	IRAM 6830
Ductilidad (5 °C)	cm	> 20	IRAM 6579
Viscosidad rotacional (170 °C)	dPa*seg	< 6	IRAM 6837
Punto de inflamación	°C	> 230	IRAM IAPG A 6555



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**
 - ✓ **Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados**

CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

b) Asfalto

Requisitos Particulares

Tabla N°2– REQUISITOS PARA LOS AAMP LUEGO DE SOMETERLOS AL ENSAYO DE ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO			
Característica	Unidad	Exigencia	Método de ensayo
Diferencia de penetración (25 °C, 100 g, 5 s)	0,1 mm	< 10	IRAM 6576
Diferencia del punto de ablandamiento	°C	< 10	IRAM 6841

Tabla N°3– REQUISITOS DEL RESIDUO DE PELÍCULA DELGADA			
Característica	Unidad	Exigencia	Método de ensayo
Variación en masa	%	< 1	IRAM 6839
Penetración residual (25 °C, 100 g, 5 s)	%	> 60 ⁽¹⁾	IRAM 6576
Variación del punto de ablandamiento	°C	-5 a 10	IRAM 6841
Recuperación elástica por torsión residual	%	> 60	IRAM 6830

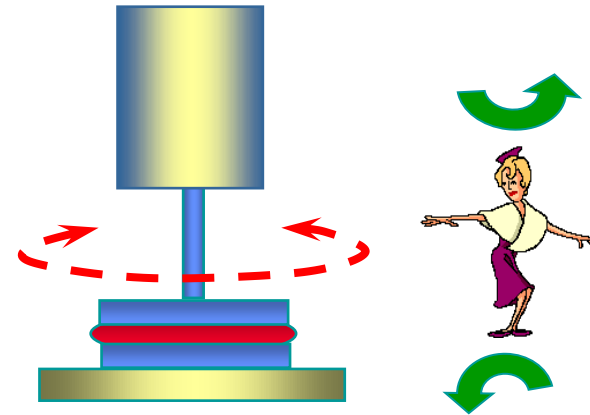
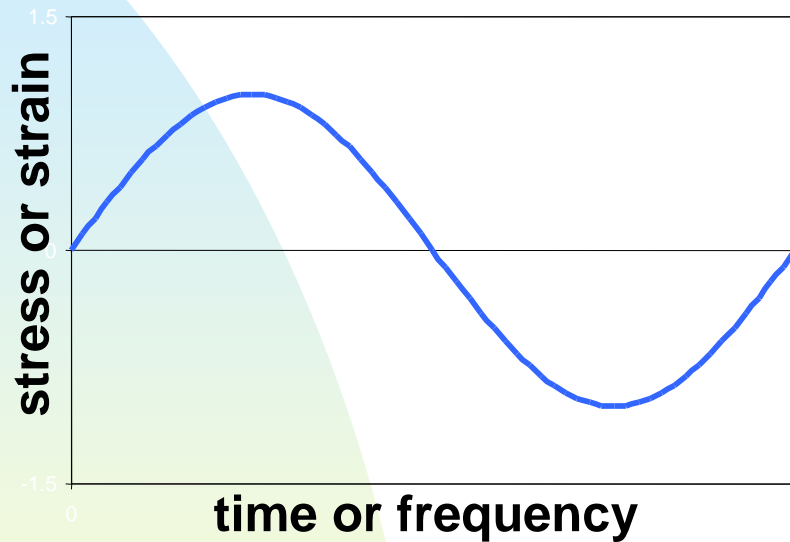


- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ **Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados**
CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

b) Asfalto

Pruebas Reológicas. Grado PG



- Deformación o Esfuerzo de Corte y Frecuencia aplicados sinusoidalmente según interés de tiempo y temperatura

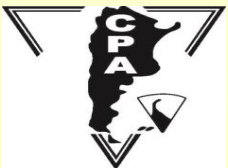
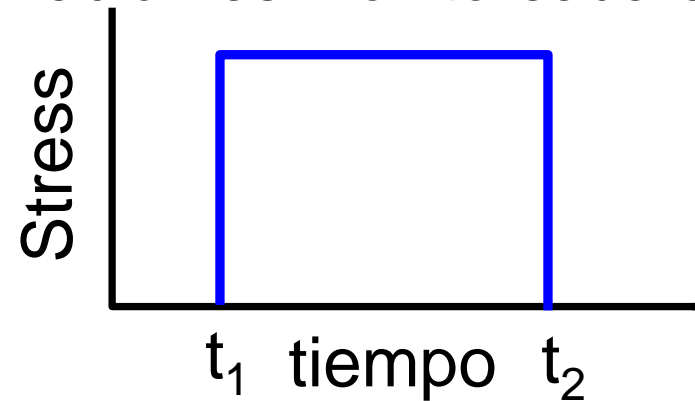


• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

b) Asfalto **Prueba de Creep / Recovery**

- Esfuerzo o carga se aplica a la muestra instantáneamente, t_1 , y se mantiene constante por un tiempo definido. La deformación (strain) es monitoreado en función de tiempo $\gamma(t)$ - **CREEP**
- El esfuerzo se reduce a zero, t_2 , y la deformación es monitoreada en función del tiempo $\gamma(t)$ - **RECOVERY**



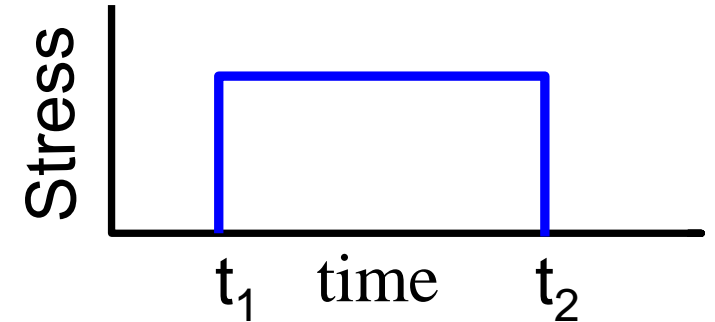
- EJEMPLOS DE APLICACIÓN

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados
CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

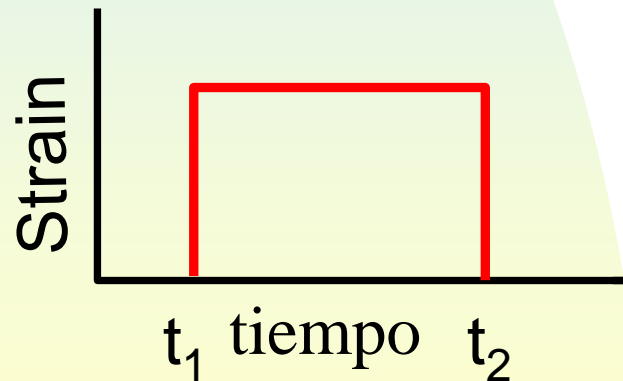
b) Asfalto

Prueba de Creep / Recovery

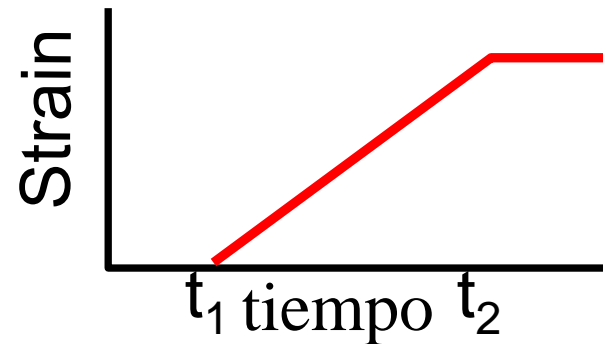
Respuesta en los Extremos Clásicos



Sólido Elástico



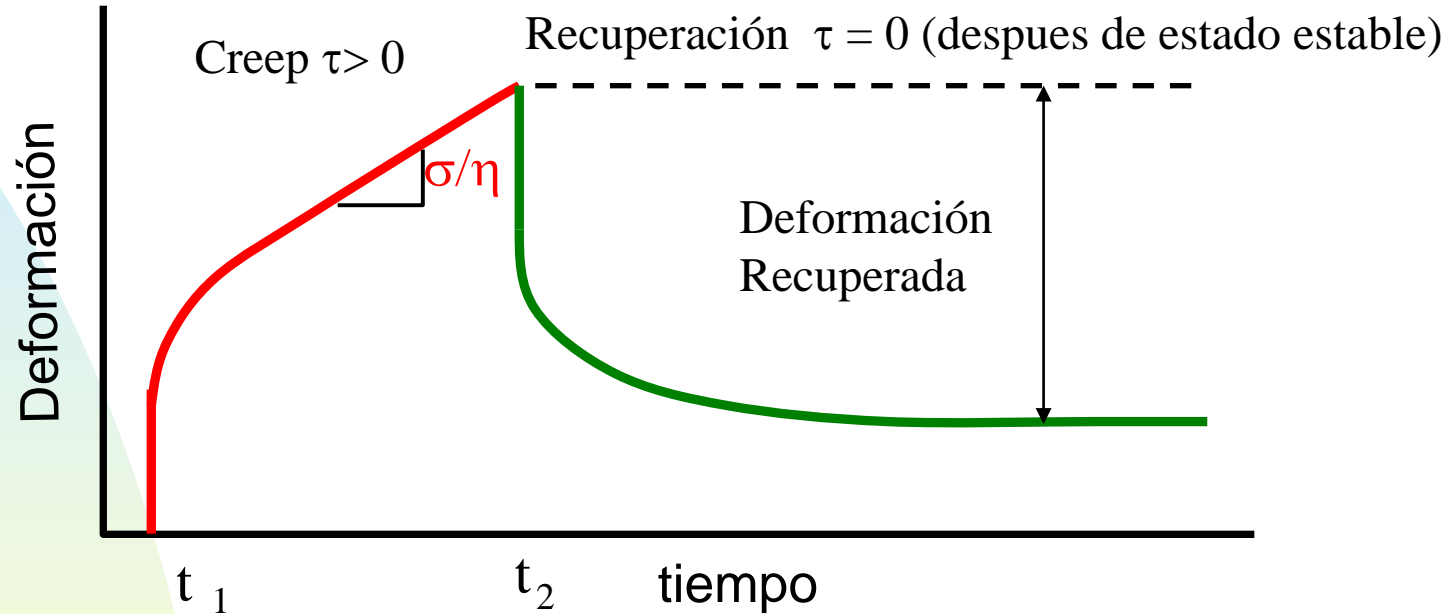
Líquido Viscoso



- EJEMPLOS DE APLICACIÓN
 - ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados

CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

b) Asfalto



La tasa de deformación disminuye con el tiempo en la zona de fluencia, hasta que finalmente alcanza un estado estable.

En la zona de recuperación, el fluido viscoelástico retrocede, llegando finalmente a un equilibrio con una pequeña tensión total en relación con la tensión en la descarga.



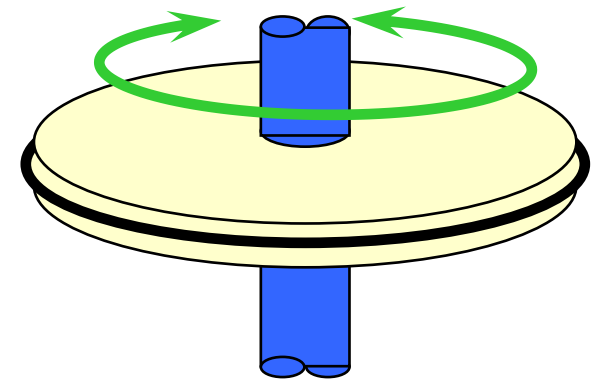
• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

b) Asfalto

Prueba de Creep Repetitivo

- Esfuerzo o carga se aplica repetitivamente según recomendaciones establecidas simulando condiciones de tráfico y se identifica la acumulación de deformación con el tiempo $\gamma(t)$

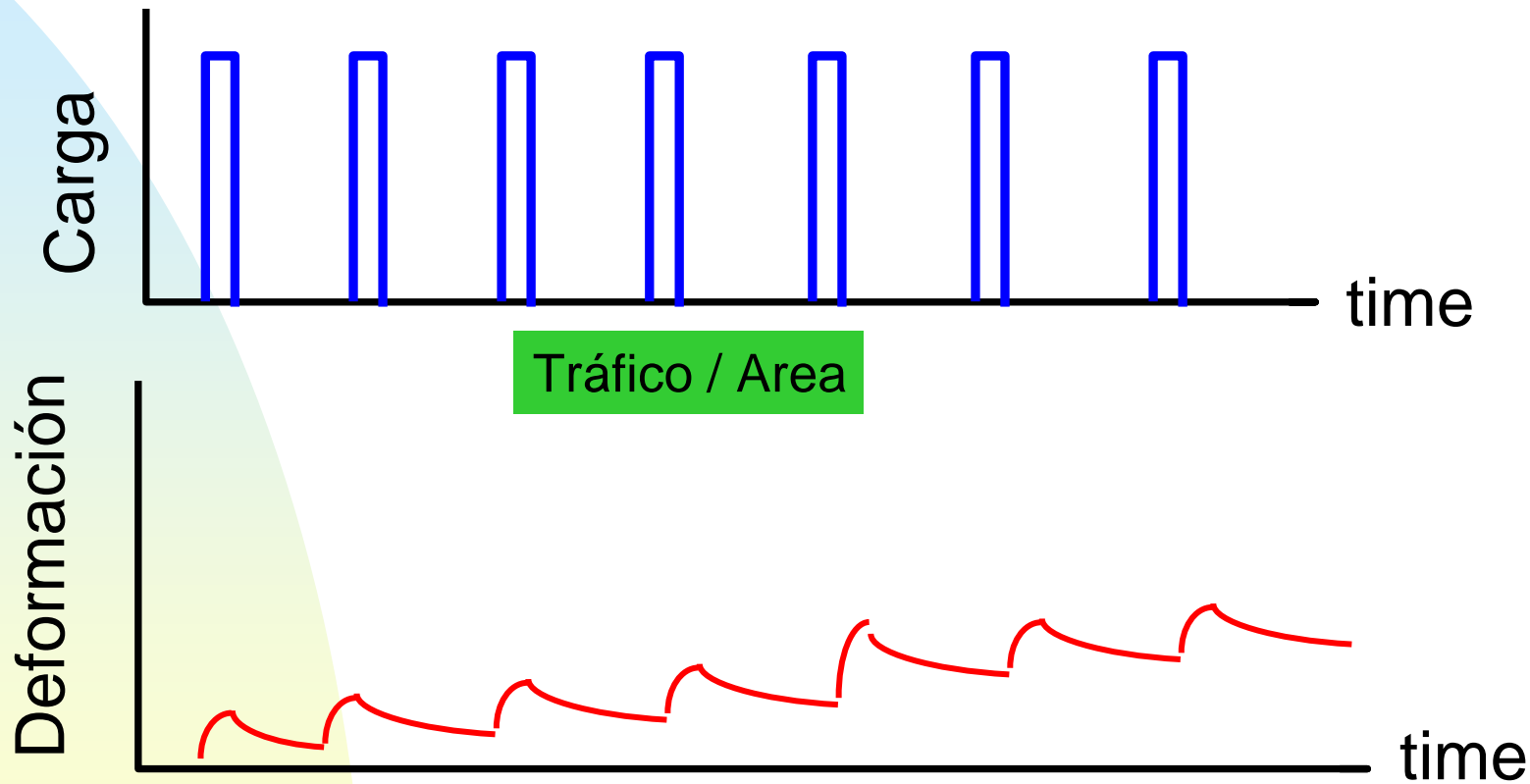


- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

b) Asfalto

Prueba de Creep Repetitivo



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados
CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

Prueba de Creep Repetitivo MSCR Clasificación E

b) Asfalto

Standard	AASHTO M 320 PG specification	AASHTO T301 Elastic Recovery	AASHTO M 332 PG specification	AASHTO T 350 MSCR Recovery
Alabama			PG 76E-22	95%
Alaska			PG 64E-4	90%
Florida			PG 76E-23	90%
Georgia			PG 76E-12	90%
Missouri			PG 76E-12	90%
Oklahoma			PG 76E-18	95%
Tennessee			PG 76E-18	90%
Utah			PG 70E-14	90%
Virginia			PG 76E-23	90%
Florida	PG 82-22	90%		
Iowa	PG 76-34	90%		
Minnesota	PG 76-34	90%		
New Hampshire	PG 76-34	90%		
Ohio	PG 88-22M	90%		
Oregon	PG 76-28	90%		
New York City	PG 76-34	90%		
Utah	PG 76-34	90%		
Vermont	PG 76-34	90%		
Washington	PG 76-34	90%		



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

Especificaciones para la Mezcla Asfáltica

C) Mezcla Asfáltica

Tabla N°12 – REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN		
Parámetro		Exigencia
Ensayo Marshall (Norma VN-E9-86)	N° golpes por cara (*)	75
	Estabilidad (kN)	> 10
	Porcentaje de Vacíos en la mezcla (***) (%)	4
	Porcentaje de vacíos del agregado mineral (VAM) (%)	≥ 14
	Porcentaje de la Relación Betún-Vacíos (RBV) (%)	65 - 78
Porcentaje de Resistencia conservada mediante el ensayo de tracción indirecta (UNE-EN 12697-12) (%)		> 80
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento "Wheel Tracking Test" (Norma EN 12697-22 – Procedimiento B) (****)		WTS aire ≤ 0,07 mm/1000 ciclos de carga PRD ≤ 4%
Porcentaje mínimo de Sal Hidratada en peso sobre total de la mezcla		1 %
Relación en peso Filler/Asfalto		0,8 – 1,3
Proporciones máximas en volumen de Filler en mezclas (IRAM 1542)		Cv/ Cs ≤ 1,1 Se limita la proporción relativa de rellenos minerales de aporte cuya concentración crítica sea inferior a 0,22 (Cs<0,22) a un máximo de 2% en peso de la mezcla.



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

Prueba de Wheel Tracking Test

C) Mezcla Asfáltica

	MEZCLA ASFÁLTICA DE BASE		
ENSAYO	CAC D19 C/CA30	CAC D19 C/AM3	CAC D19 C/HiMA
WTS (mm/10 ³ ciclos)	0,110	0,059	0,022
Exigencia (PETP)	-	< 0,100	< 0,070
PRD (%)	6,3	4,1	2,4
Exigencia (PETP)	-	< 7,0	< 4,0

Referencias; WTS: Pendiente media del ahuellamiento (mm) luego de los 10000 ciclos de carga.

PRD: Profundidad del ahuellamiento proporcional al espesor de la probeta.

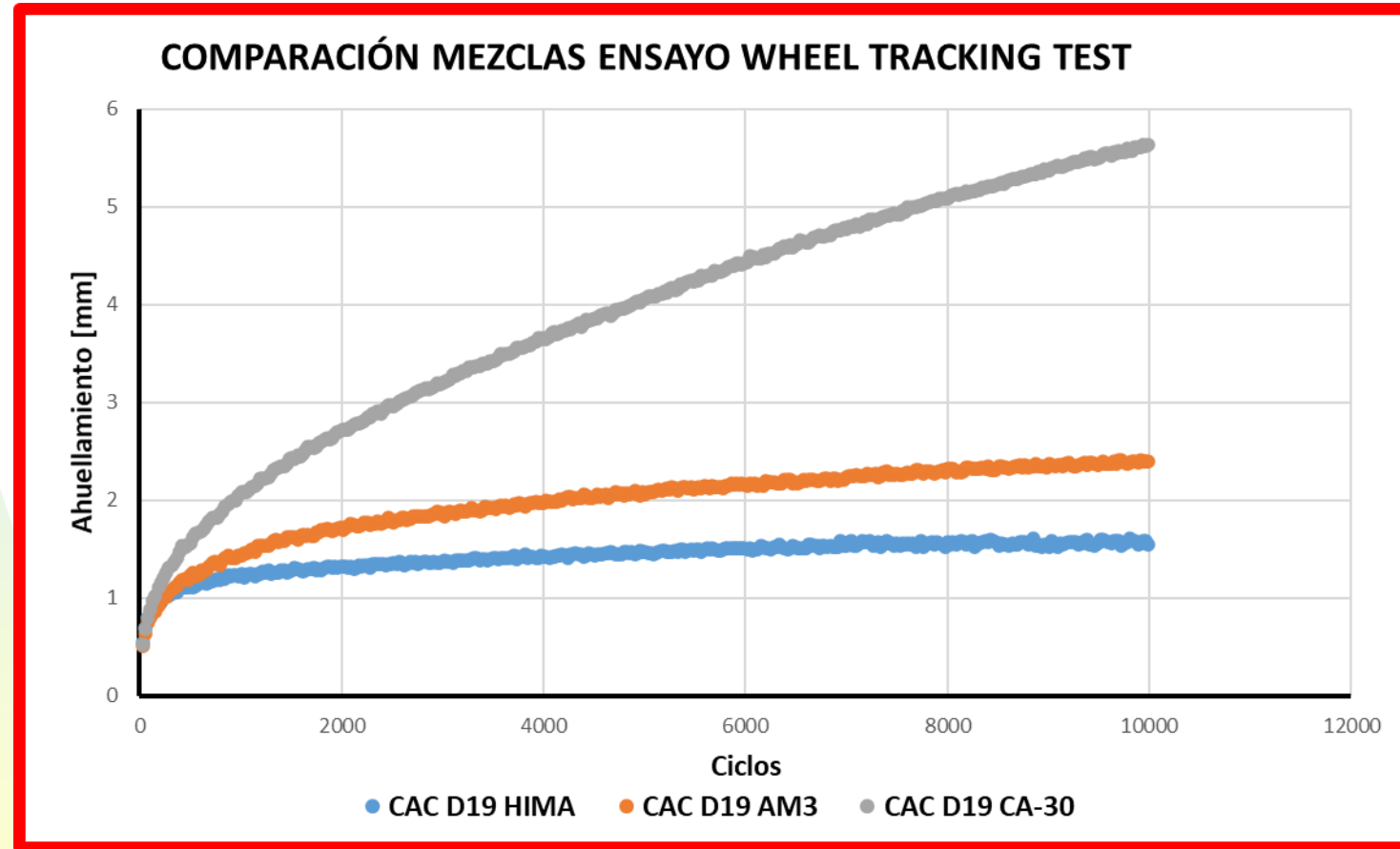


• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

Prueba de Wheel Tracking Test

C) Mezcla Asfáltica

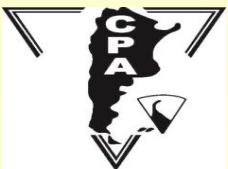
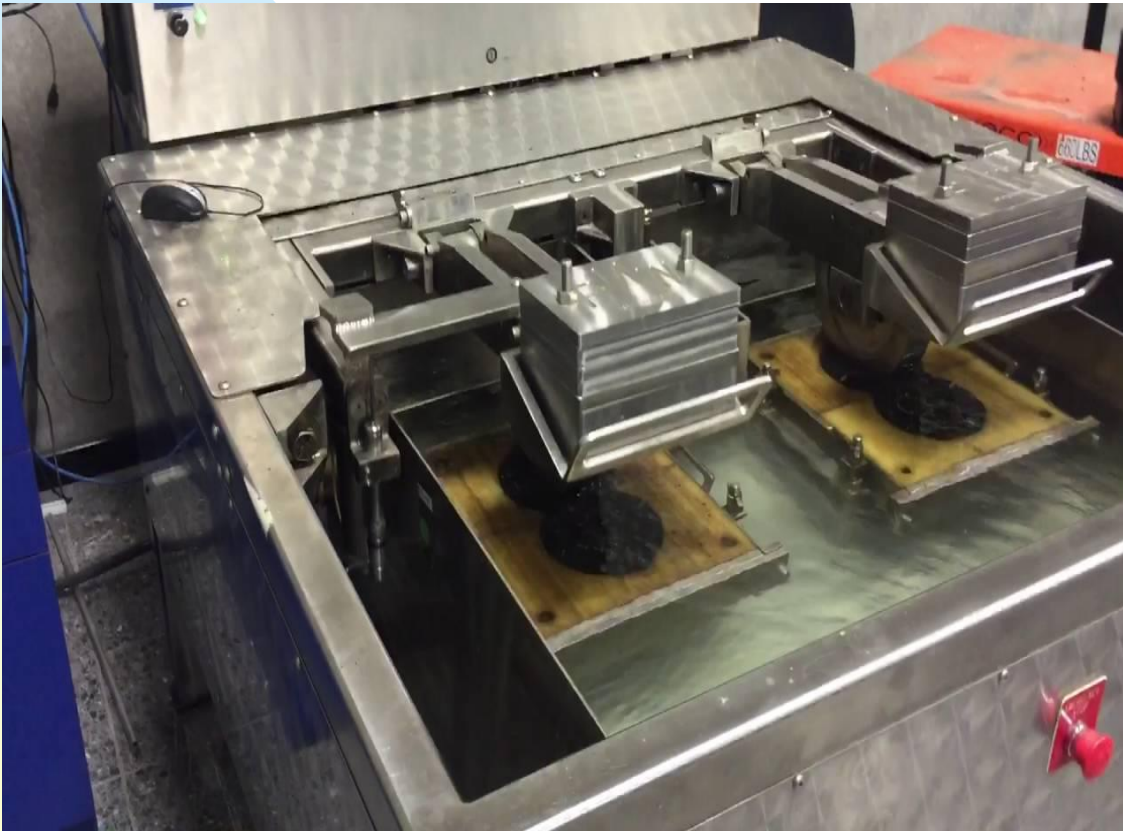


- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

Prueba de Hamburgo Test

C) Mezcla Asfáltica

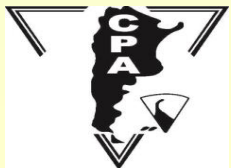
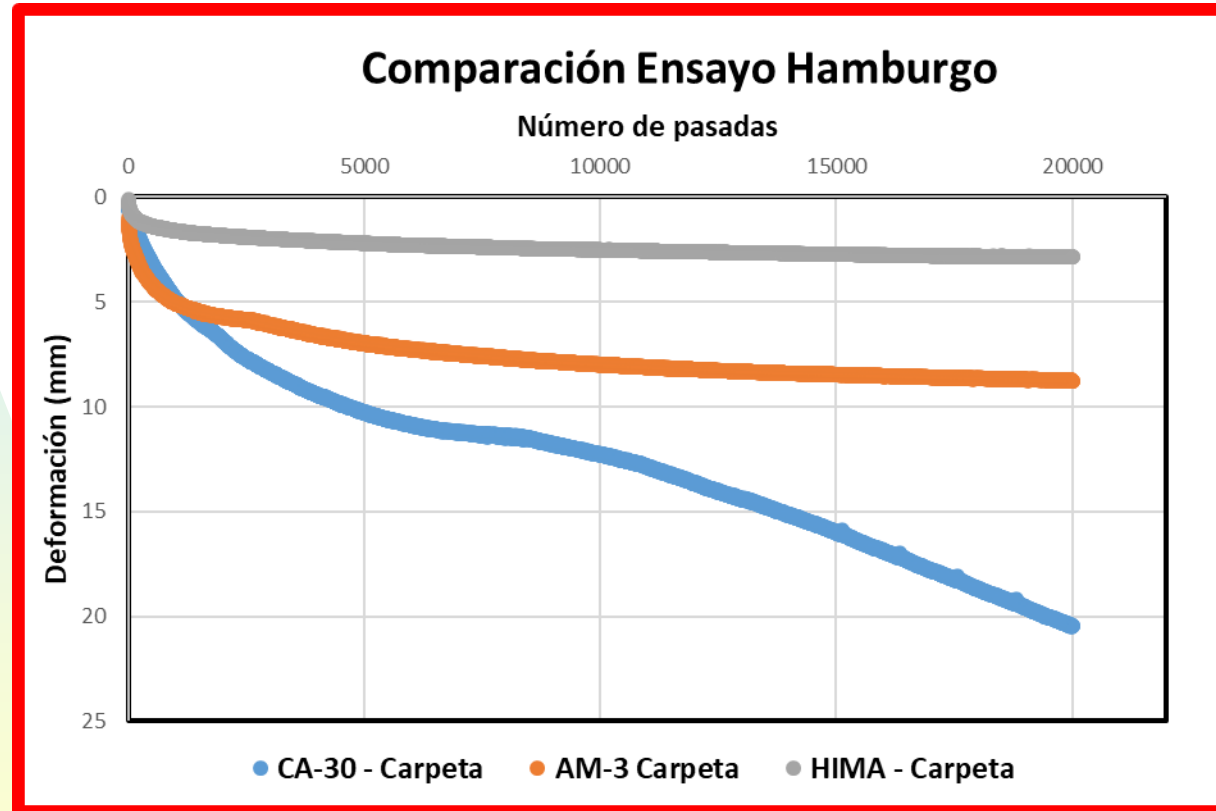


- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

C) Mezcla Asfáltica

Prueba de Hamburgo Test



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

d) Elaboración y Puesta en Obra

Estado Inicial



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ **Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)**

d) Elaboración y Puesta en Obra



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

- ✓ Mezclas Asfálticas con Asfaltos Altamente Modificados CAC D 19 AAMP (Criterios de diseño)

Mezclas Asfálticas Utilizadas:

- Las temperaturas de mezclado y colocación fueron:

Mezclado en Planta: entre 165°C y 175°C

Colocación en Obra: entre 150°C y 160°C

- Se utilizaron aproximadamente las siguientes cantidades de mezcla asfáltica:

Tipo CAC D19 con HiMA: 132.320 Tn

Tipo CAC D19 con AM3: 24.895 Tn

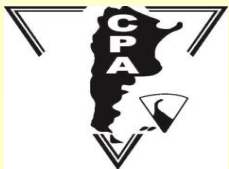
Tipo F10 con AM3: 131.252 Tn



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ **Mezclas Asfálticas de Alto Módulo**

- **Obra Ampliación a tercer Carril de Autopista . Situación original. Base existente de hormigón muy antiguo**



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ **Mezclas Asfálticas de Alto Módulo**

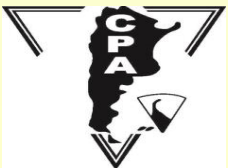
- ▣ **Son mezclas asfálticas que poseen un alto módulo de rigidez 2 a 3 veces superior al de las mezclas convencionales densas.**
- ▣ **Además, presentan una mayor resistencia a la fatiga y un comportamiento muy superior frente a las deformaciones plásticas.**



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ **Mezclas Asfálticas de Alto Módulo**

Estas mezclas comenzaron su desarrollo a principios de los años 70, siendo un ejemplo de empleo de las mismas, aglomerados fabricados a base de alquitrán-PVC, las cuales fueron utilizadas en zonas de estacionamiento de vehículos pesados y en aeropuertos.



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ **Mezclas Asfálticas de Alto Módulo**

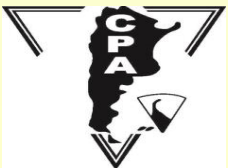
- ▣ **A principio de los años 80, en Francia se desarrollan a partir de la utilización de betunes duros de destilación directa, de penetración entre 5 a 25 dmm y Punto de Ablandamiento superiores 70°C.**



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ **Mezclas Asfálticas de Alto Módulo**

- ▣ **En Argentina hay algunas experiencias en autopistas a lo largo de los años utilizando Asfaltos Modificados denominados tipo AM1 según la norma IRAM 6596**



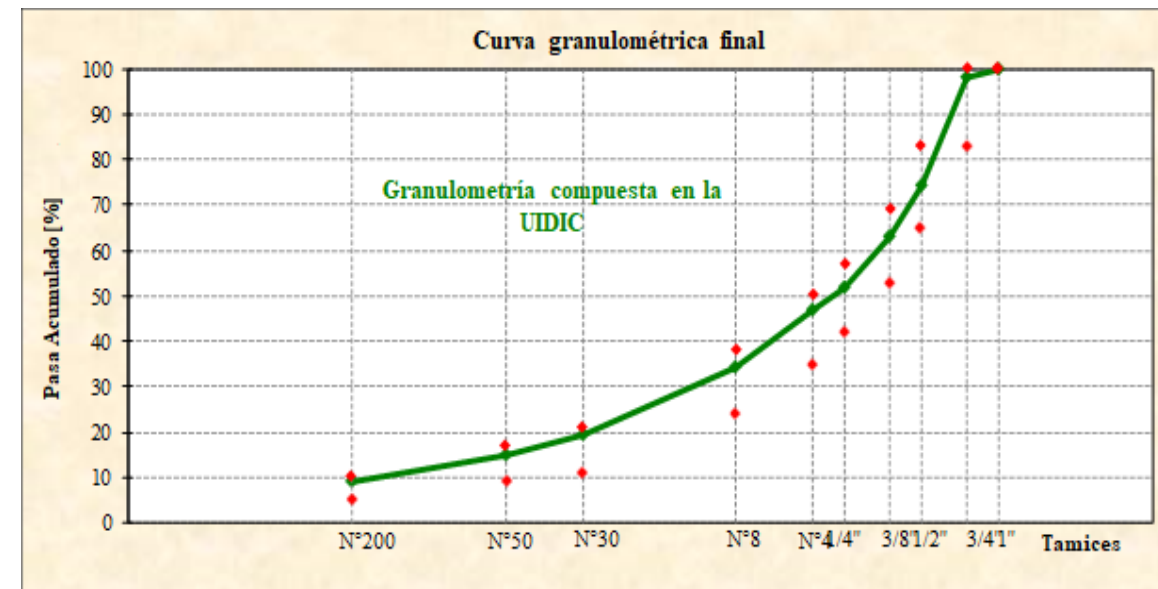
• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)

a) Huso granulométrico

PORCENTAJE EN PESO DE ÁRIDOS			
ARIDO 6-20 Muestra N° 26150	ARIDO 0-6 Muestra N° 26149	CAL Muestra N° 26164	FILLER Muestra N° 26165
53,0	43,0	1,0	3,0

TAMICES.	1" (25,0 mm)	3/4" (19,0 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/8" (9,5 mm)	1/4" (6,35 mm)	Nº4 (4,75 mm)	Nº8 (2,36 mm)	Nº30 (600 µm)	Nº50 (300 µm)	Nº200 (75 µm)
Pasa acumulado s/UIDIC [%]	100,0	98,0	74,0	63,2	51,8	46,7	34,4	19,3	14,9	8,8
Límites según Pliego	100	83-100	65-83	53-69	42-57	35-50	24-38	11-21	9-17	5-10



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)

Norma IRAM 6596

b) Asfalto

Características	Unid.	AM-1		AM-2		AM-3		AM-4		Norma IRAM
		min	max	min	max	min	max	min	max	
Asfalto original										
Penetración (25°C; 100g; 5s)	0,1 mm	20	40	50	80	50	80	120	150	6576
Punto de Ablandamiento (A y B)	°C	60	-	60	-	65	-	60	-	6841
Punto de ruptura fraass	°C	-	-5	-	-10	-	-12	-	-15	6831
Recuperación elástica p/ torsión (25°C)	%	10	-	40	-	70	-	60	-	6830
Punto de inflamación v/a	°C	230	-	230	-	230	-	230	-	IAPA 6555
Estabilidad al almacenamiento										
diferencia Punto Reblandecimiento	°C	-	5	-	5	-	5	-	5	6841
diferencia Penetración (25 °C)	0,1 mm	-	8	-	10	-	10	-	15	6576
Resíduo luego de película delgada RTFOT										
Variación de masa	%	-	1	-	1	-	1	-	1	6839
Penetración (25°C; 100g; 5s)	% p.o	70	-	65	-	65	-	60	-	6576
Variación del punto de ablandamiento	°C	-5	10	-5	10	-5	10	-5	10	6841

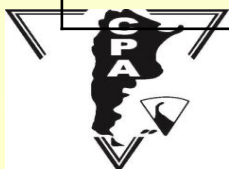


• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)

c) Mezcla Asfáltica

REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN		
Parámetro		Exigencia
Ensayo Marshall (IRAM 6845)	Nº golpes por cara	75
	Estabilidad	Determinación obligatoria.
	Vacíos en la mezcla	2.5 - 5 %
	Vacíos del agregado mineral (VAM)	≥ 14 %
	Relación Betún-Vacíos (RBV)	68 – 78 %
Resistencia conservada mediante el ensayo Lottman modificado (ASTM D 4867 o AASHTO T 283)		> 80 %
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento “Wheel Tracking Test” (Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B) ⁽⁴⁾		WTS aire $\leq 0,08$ mm/1000 ciclos de carga PRD $\leq 5\%$
Módulo resiliente a 20°C, 124 ms de Rise Time, 5 ustrain (Anexo C de Norma UNE-EN 12697-26)		$ E^* > 10000$ MPa
Resistencia a la Fatiga a 30 Hz a 20 ° C (Anexo D de Norma UNE-EN 12697-24)		$\epsilon_6 > 100 \mu\text{m}/\text{m}$ Para un millón (10^6) de ciclos.
Contenido mínimo de Cal Hidratada, en peso sobre total del esqueleto granular		1 %



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

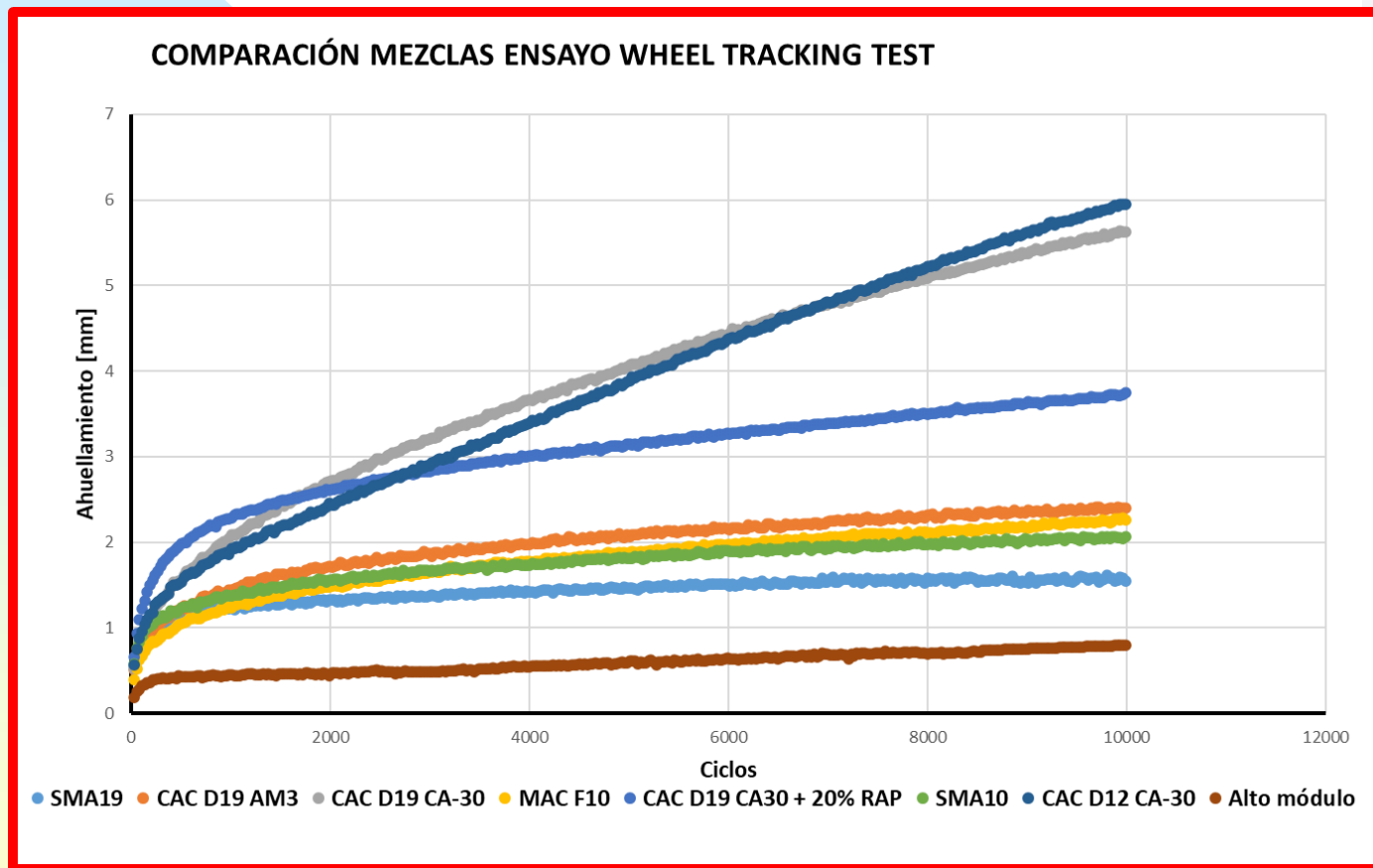
✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)

c) Mezcla Asfáltica

REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN		
Parámetro		Exigencia
Ensayo Marshall (IRAM 6845)	Nº golpes por cara	75
	Estabilidad	Determinación obligatoria.
	Vacíos en la mezcla	2.5 - 5 %
	Vacíos del agregado mineral (VAM)	≥ 14 %
	Relación Betún-Vacíos (RBV)	68 – 78 %
Resistencia conservada mediante el ensayo Lottman modificado (ASTM D 4867 o AASHTO T 283)		> 80 %
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento “Wheel Tracking Test” (Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B) ⁽⁴⁾		WTS aire $\leq 0,08$ mm/1000 ciclos de carga PRD $\leq 5\%$
Módulo resiliente a 20°C, 124 ms de Rise Time, 5 ustrain (Anexo C de Norma UNE-EN 12697-26)		$ E^* > 10000$ MPa
Resistencia a la Fatiga a 30 Hz a 20 ° C (Anexo D de Norma UNE-EN 12697-24)		$\epsilon_6 > 100 \mu\text{m}/\text{m}$ Para un millón (10^6) de ciclos.
Contenido mínimo de Cal Hidratada, en peso sobre total del esqueleto granular		1 %



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**
 - ✓ **Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)**
Prueba de Wheel Tracking Test



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)

c) Mezcla Asfáltica

REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN		
Parámetro		Exigencia
Ensayo Marshall (IRAM 6845)	Nº golpes por cara	75
	Estabilidad	Determinación obligatoria.
	Vacíos en la mezcla	2.5 - 5 %
	Vacíos del agregado mineral (VAM)	≥ 14 %
	Relación Betún-Vacíos (RBV)	68 – 78 %
Resistencia conservada mediante el ensayo Lottman modificado (ASTM D 4867 o AASHTO T 283)		> 80 %
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento "Wheel Tracking Test" (Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B)		WTS aire $\leq 0,08$ mm/1000 ciclos de carga PRD ≤ 5 %
Módulo resiliente a 20°C, 124 ms de Rise Time, 5 ustrain (Anexo C de Norma UNE-EN 12697-26)		$ E^* > 10000$ MPa
Resistencia a la Fatiga a 30 Hz a 20 °C (Anexo D de Norma UNE-EN 12697-24)		$\epsilon_6 > 100 \mu\text{m/m}$ Para un millón (10^6) de ciclos.
Contenido mínimo de Cal Hidratada, en peso sobre total del esqueleto granular		1 %

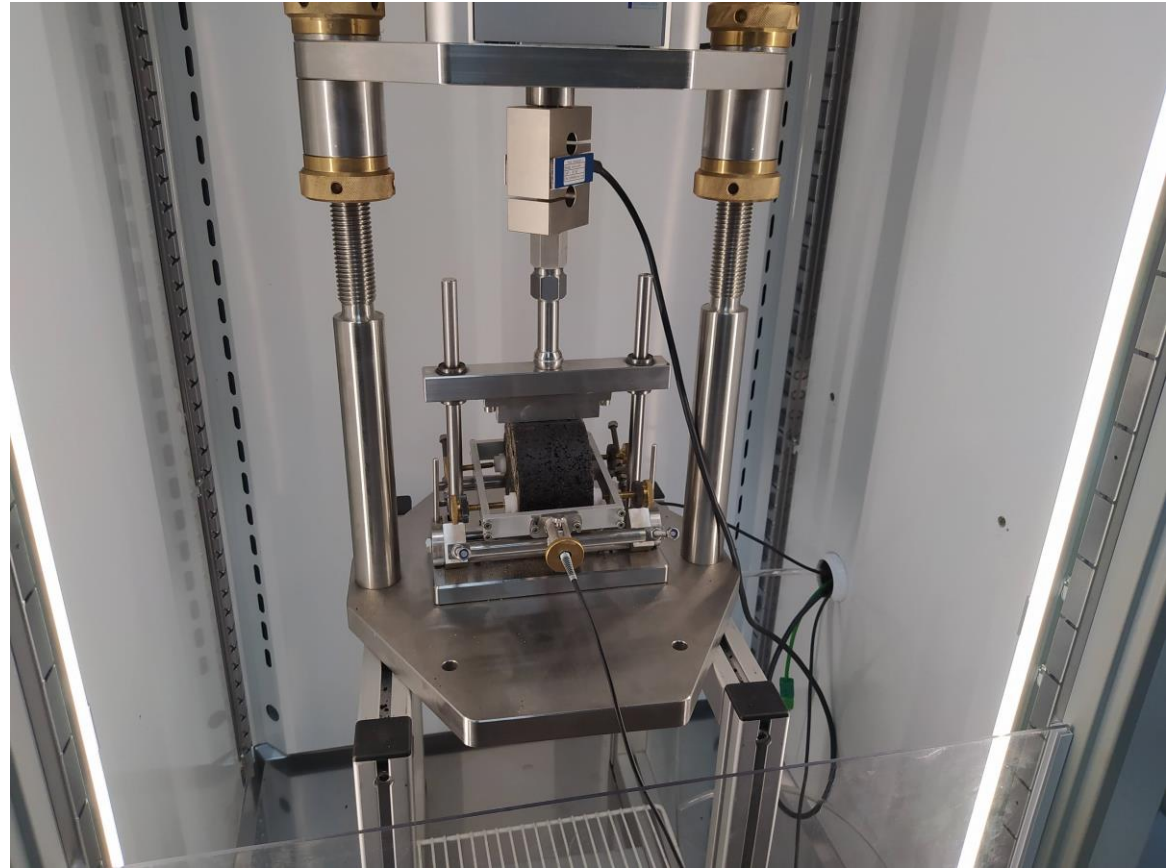


- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ **Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)**

Prueba Módulo Resiliente

c) Mezcla Asfáltica



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)

Prueba Módulo Resiliente

c) Mezcla Asfáltica

Testigo	Probeta 1		Probeta 2		Probeta 3	
	Posición 1	Posición 2	Posición 1	Posición 2	Posición 1	Posición 2

Espesor [cm]	6,1		6,3		6,2	
Densidad Aparente[g/cm³]	2,419		2,415		2,414	
Módulo Resiliente [Mpa]	10464	10861	11182	10881	10849	10921
Módulo Resiliente Promedio [Mpa]	10663		11032		10885	
COV [%]	2,6		1,9		0,5	



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)

c) Mezcla Asfáltica

REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN		
Parámetro		Exigencia
Ensayo Marshall (IRAM 6845)	Nº golpes por cara	75
	Estabilidad	Determinación obligatoria.
	Vacíos en la mezcla	2.5 - 5 %
	Vacíos del agregado mineral (VAM)	≥ 14 %
	Relación Betún-Vacíos (RBV)	68 – 78 %
Resistencia conservada mediante el ensayo Lottman modificado (ASTM D 4867 o AASHTO T 283)		> 80 %
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento “Wheel Tracking Test” (Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B)		WTS aire $\leq 0,08$ mm/1000 ciclos de carga PRD $\leq 5\%$
Módulo resiliente a 20°C, 124 ms de Rise Time, 5 ustrain (Anexo C de Norma UNE-EN 12697-26)		$ E^* > 10000$ MPa
Resistencia a la Fatiga a 30 Hz a 20 ° C (Anexo D de Norma UNE-EN 12697-24)		$\epsilon_6 > 100 \mu\text{m/m}$ Para un millón (10^6) de ciclos.
Contenido mínimo de Gel Hidratada, en peso sobre total del esqueleto granular		1 %

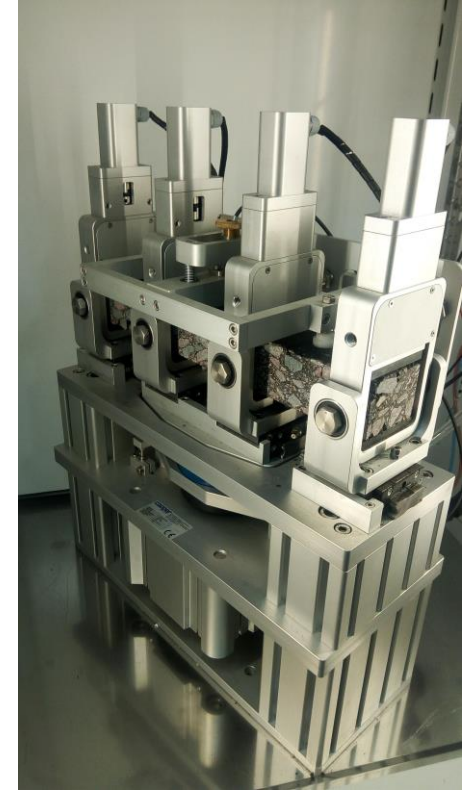
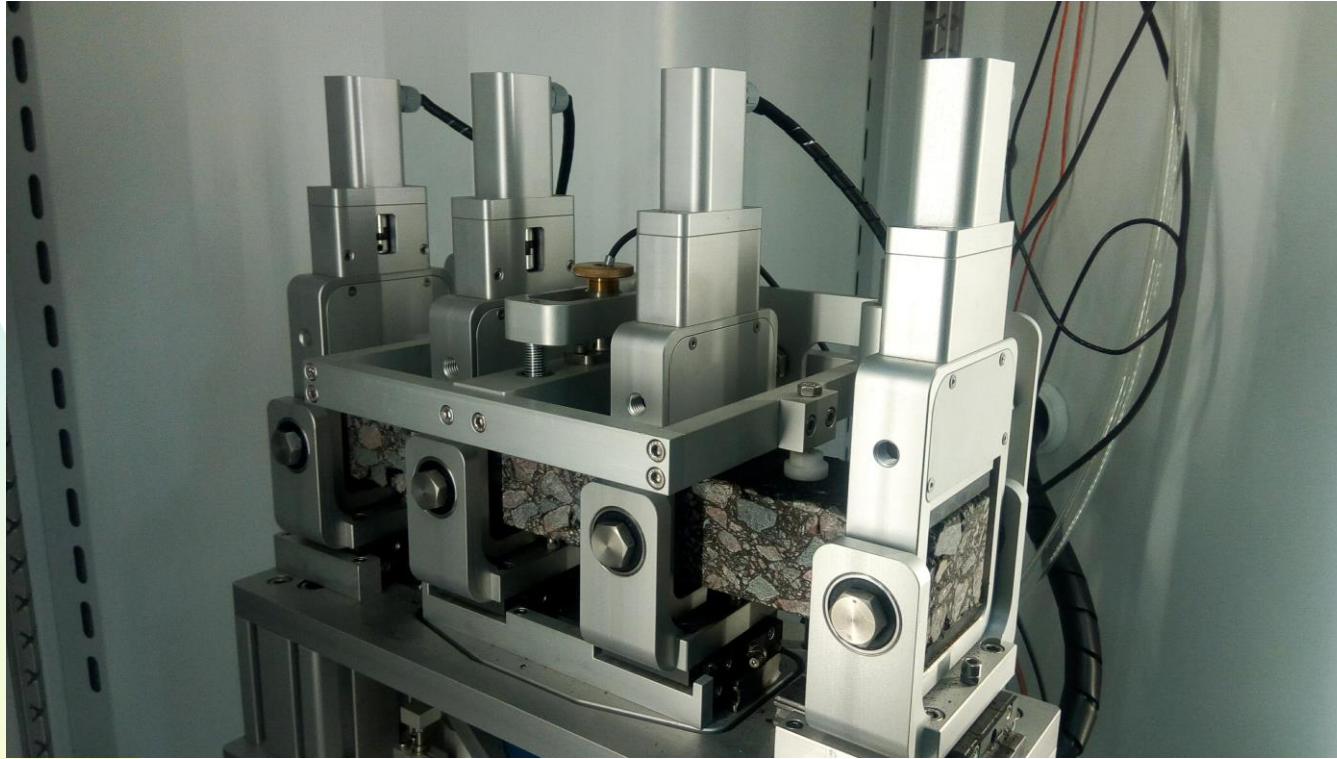


• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)

c) Mezcla Asfáltica

Prueba Ensayo de Fatiga en Viga de 4 Puntos

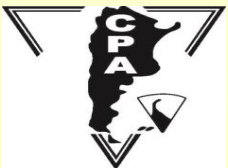
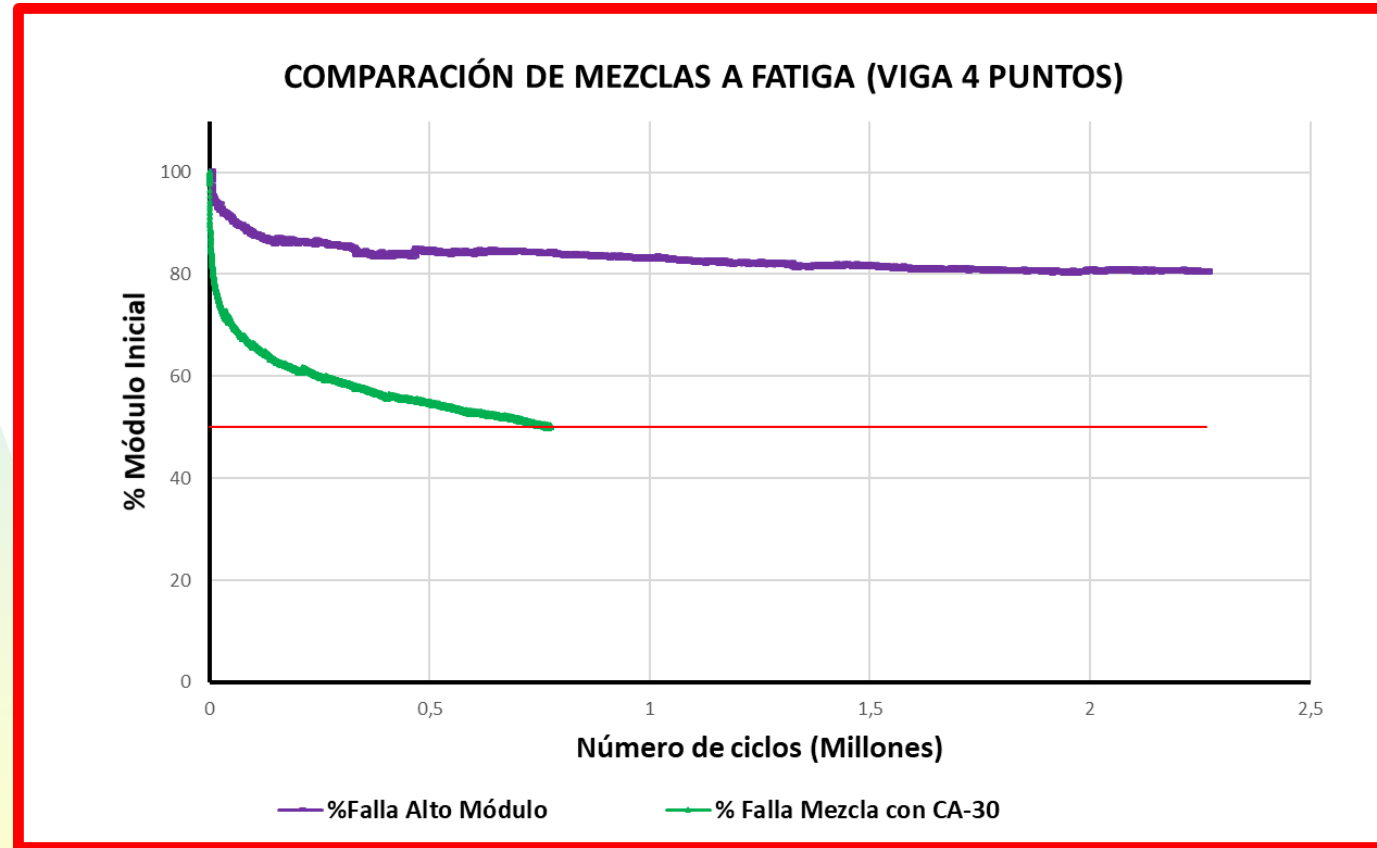


• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo (Criterios de Diseño)

c) Mezcla Asfáltica

Prueba Ensayo de Fatiga en Viga de 4 Puntos



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo

d) Producción y Puesta en obra

Nuevo Carril de Autopista Se colocan
23 cm de Mezcla Asfáltica de Alto Módulo en 3 capas



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo

d) Producción y Puesta en obra



Temperatura de salida de Planta 165 a 170 °C



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo

d) Producción y Puesta en obra



Temperatura de colocación 150 °C aproximadamente



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo

d) Producción y Puesta en obra



Colocación en carril lento



Colocación en cantero central



• EJEMPLOS DE APLICACIÓN

✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo



d) Producción y Puesta en obra

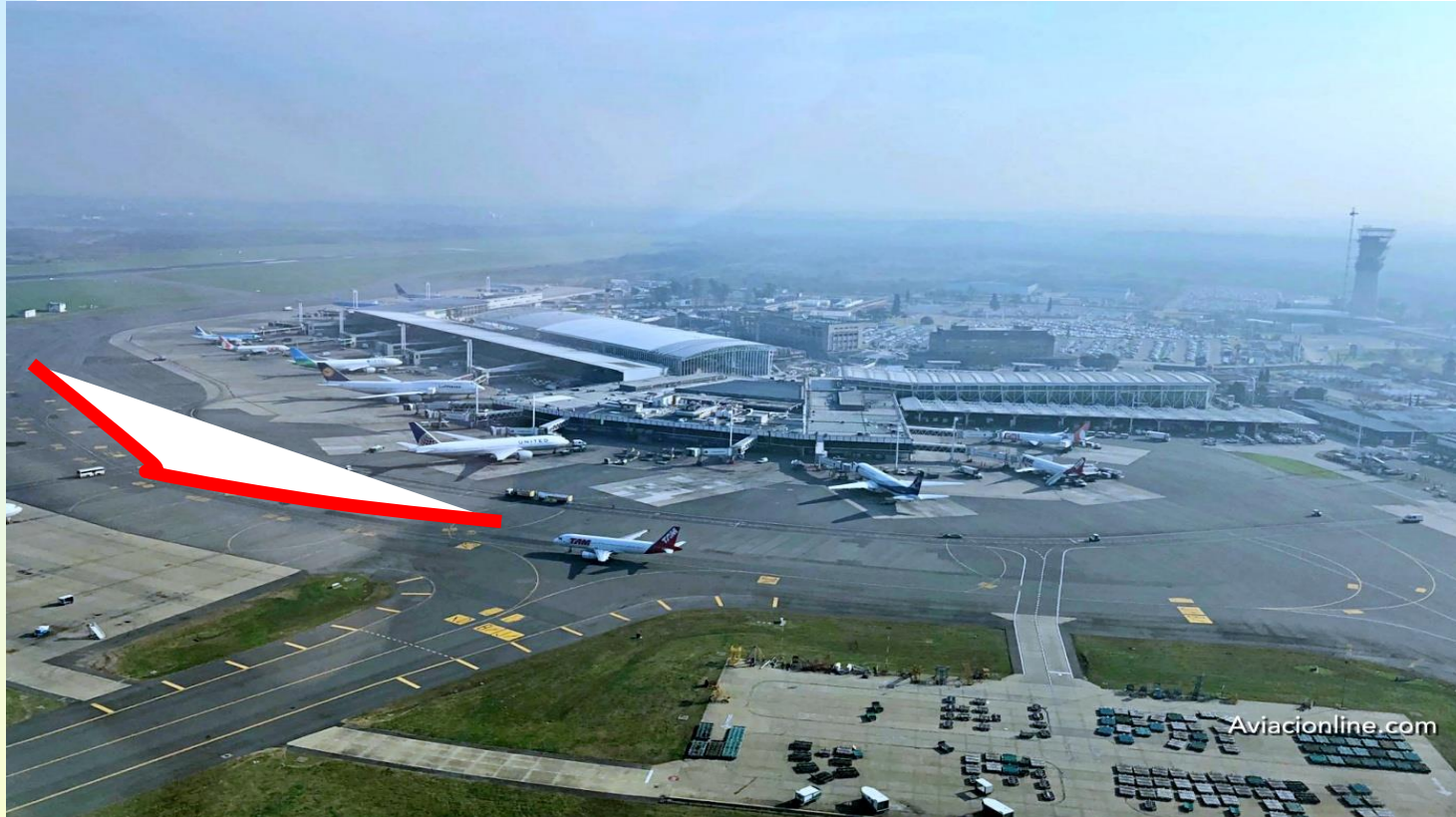
Producción Aproximada
Mezcla Alto Módulo 30.000Tn



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo

- **EJEMPLO 2. Rodaje Principal Aeropuerto Internacional**



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

- ✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo

- **EJEMPLO 2. Rodaje Principal Aeropuerto Internacional**



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN.**
 - ✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo.
- **EJEMPLO 2. Rodaje Principal Aeropuerto Internacional**



Espesor 20 cm en 2 capas



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN.**
 - ✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo.
- **EJEMPLO 2. Rodaje Principal Aeropuerto Internacional**



Espesor 20 cm en 2 capas



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN.**
 - ✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo.
- **EJEMPLO 2. Rodaje Principal Aeropuerto Internacional**



Espesor 20 cm en 2 capas



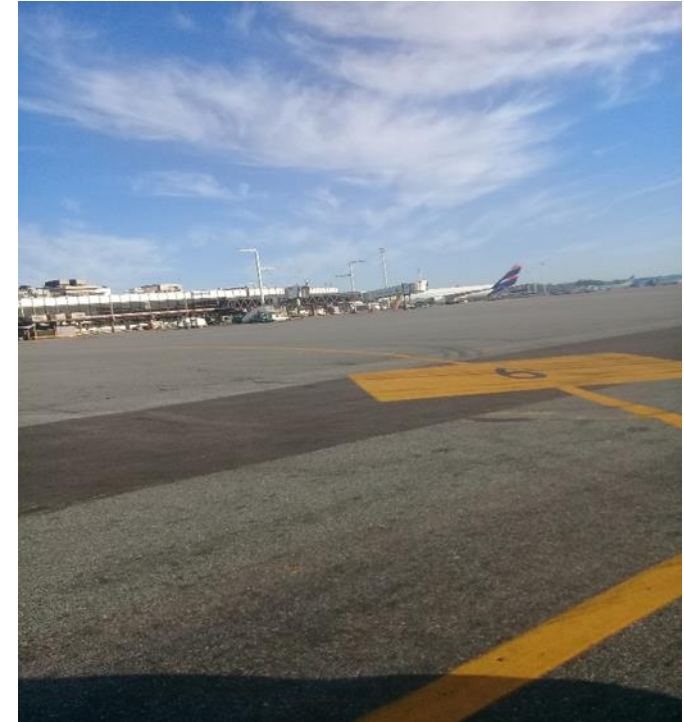
- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN.**
 - ✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo.
- **EJEMPLO 2. Rodaje Principal Aeropuerto Internacional**



Espesor 20 cm en 2 capas



- **EJEMPLOS DE APLICACIÓN.**
 - ✓ Mezclas Asfálticas de Alto Módulo.
- **EJEMPLO 2. Rodaje Principal Aeropuerto Internacional**



Espesor 20 cm en 2 capas



“Soluciones para Pavimentos de Altas Prestaciones”

Agradecimientos:

Dr. Carlos Quevedo (IECSA)

Ing. Fabián Alasia e Ing. José Muzzulini (Sacde – Cinco Vial)

Sr. Nahuel Folgado (Laboratorio Concret Nor, Boulogne)

Ing. Sebastian Kessler (Concret Nor)

Ing. Marcelo Cappello (Vial Tec)

Contacto: Ing. Diego Larsen dlarsen@ing.unlp.edu.ar

Muchas Gracias Por su atención !!

