



PRE-XVII CONGRESO ARGENTINO
de Vialidad y Tránsito

8º EXPOVIAL ARGENTINA

3 AL 6 DE NOVIEMBRE 2014

HOTEL PANAMERICANO - Buenos Aires, Argentina



Nuevas tendencias para caracterización y control del ahuellamiento considerado propiedades reológicas de los asfaltos

Dr. Ing. Francisco Morea

Comisión Permanente del Asfalto

Investigador Asistente



X CONGRESO INTERNACIONAL ITS

X SIMPOSIO DEL ASFALTO

II SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

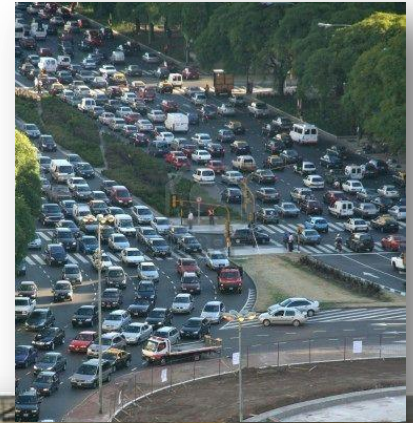


www.congresodevialidad.org.ar

Introducción

Los pavimentos hoy en día son sometidos a:

- I. Volúmenes de tránsito importantes
- II. Mayores cargas y
- III. Condiciones climáticas extremas



Introducción

El diseño, caracterización y evaluación del pavimento en laboratorio se hace estudiando el desempeño relacionado a los diferentes modos de falla de una mezcla asfáltica:

+ Fisuración (térmica o por fatiga)

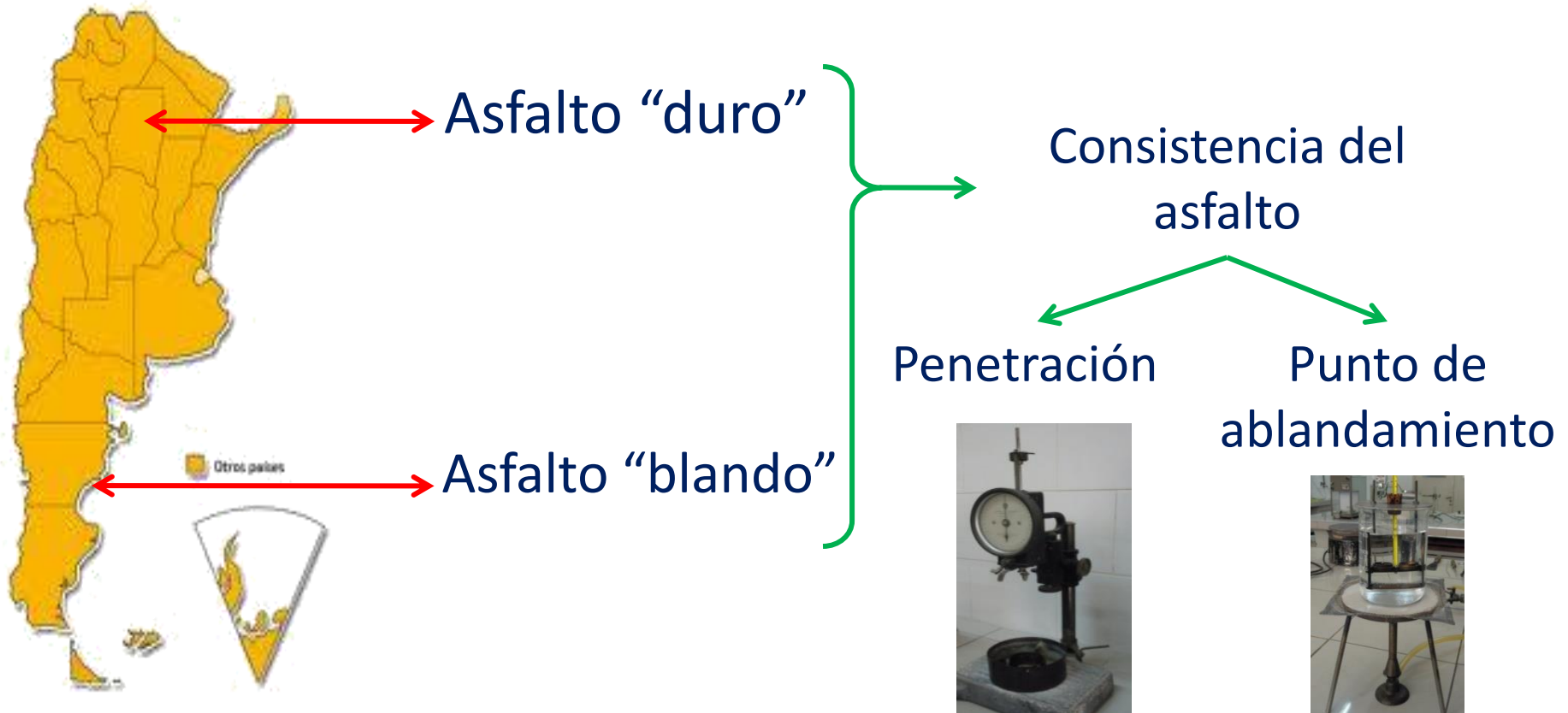
+ ***Deformaciones permanentes***



Factores de diseño en el ahuellamiento

Históricamente

La selección del asfalto se hace considerando el clima

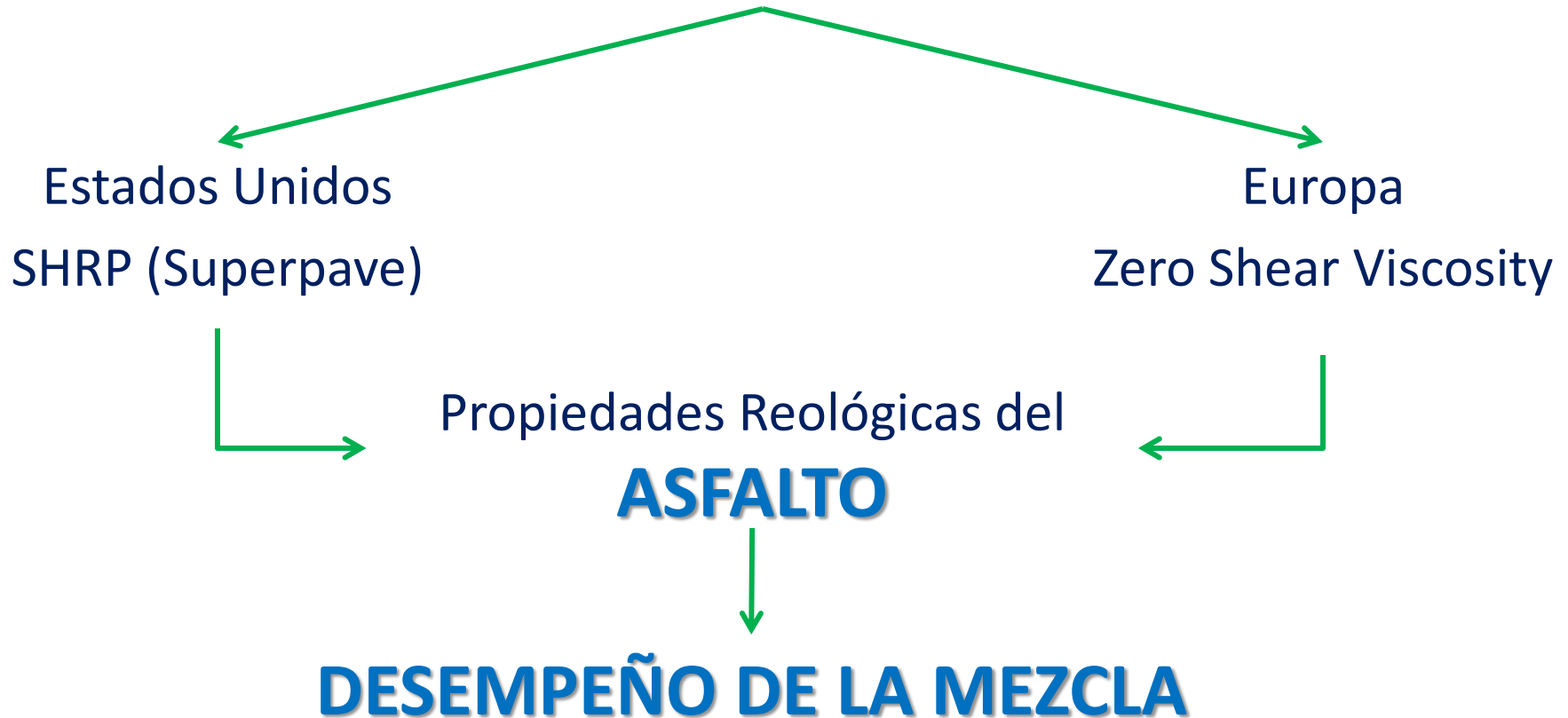


PARÁMETROS EMPIRICOS

Control del ahuellamiento

Consideraciones sobre el asfalto para combatir el problema

Propiedades Físicas del Asfalto



Control del ahuellamiento

Programa SHRP, especificación de asfaltos (ASTM D 6373)



Ahuellamiento

**Fatiga y Fisuración
térmica**

Temperatura de alta [°C]

46 52 58 64 70 76 82

Temperatura de baja [°C]

-4 -10 -16 -22 -28 -34 -40

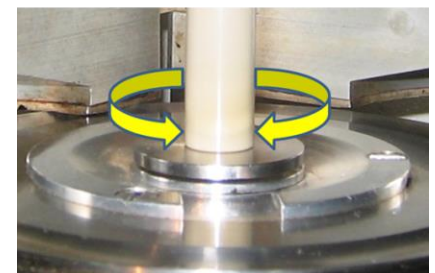
Control del ahuellamiento

Programa SHRP, especificación de asfaltos (ASTM D 6373)

Los límites de las propiedades reológicas son siempre *los mismos*, sólo que cada asfalto tendrá esa propiedad a *diferentes temperaturas*

Para el ahuellamiento se utiliza el
parámetro

$$G^*/\sin\delta$$





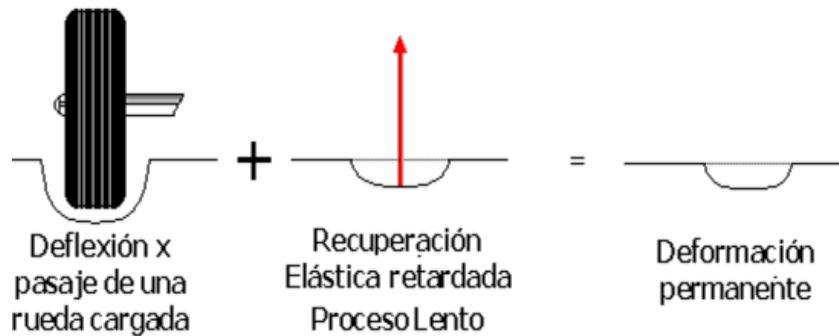
**X SIMPOSIO
DEL ASFALTO**

Performance Grade	PG 52							PG 58					PG 64				
	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-16	-22	-28	-34	-40	-16	-22	-28	-34	-40
Average 7-day Maximum Pavement Design Temperature, °C ^a	<52							<58					<64				
Minimum Pavement Design Temperature, °C ^a	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-46	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40
Original Binder																	
Flash Point Temp, T48: Minimum, °C	230																
Viscosity, ASTM D 4402; ^b Maximum, 3 Pa·s (3000 cP), Test Temp, °C	135																
Dynamic Shear, TP5: ^c <u>G*/sin δ</u> , Minimum, 1.00 kPa Test Temperature @ 10 rad/s, °C	52							58					64				
Rolling Thin Film Oven (T 240) or Thin Film Oven (T179) Residue																	
Mass Loss, Maximum, %	1.0																
Dynamic Shear, TP5: <u>G*/sin δ</u> , Min. 2.20 kPa Test Temp @ 10 rad/sec, °C	52							58					64				

La reología y el ahuellamiento

Programa SHRP, parámetro $G^*/\text{sen}\delta$

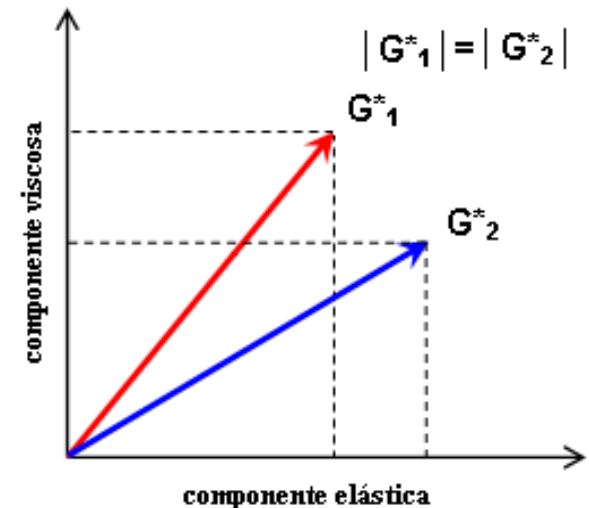
Se relaciona con el trabajo disipado en el proceso de deformación



$$W_{disipado} = \pi \cdot \frac{\tau_0^2}{G^* / \text{sen}\delta}$$

G^* representa la resistencia a la deformación

δ representa la distribución relativa entre deformación elástica y viscosa



La reología y el ahuellamiento

Programa SHRP, parámetro $G^*/\text{sen}\delta$

Se ha comprobado que el $G^*/\text{sen}\delta$ clasifica eficientemente el desempeño de asfaltos convencionales

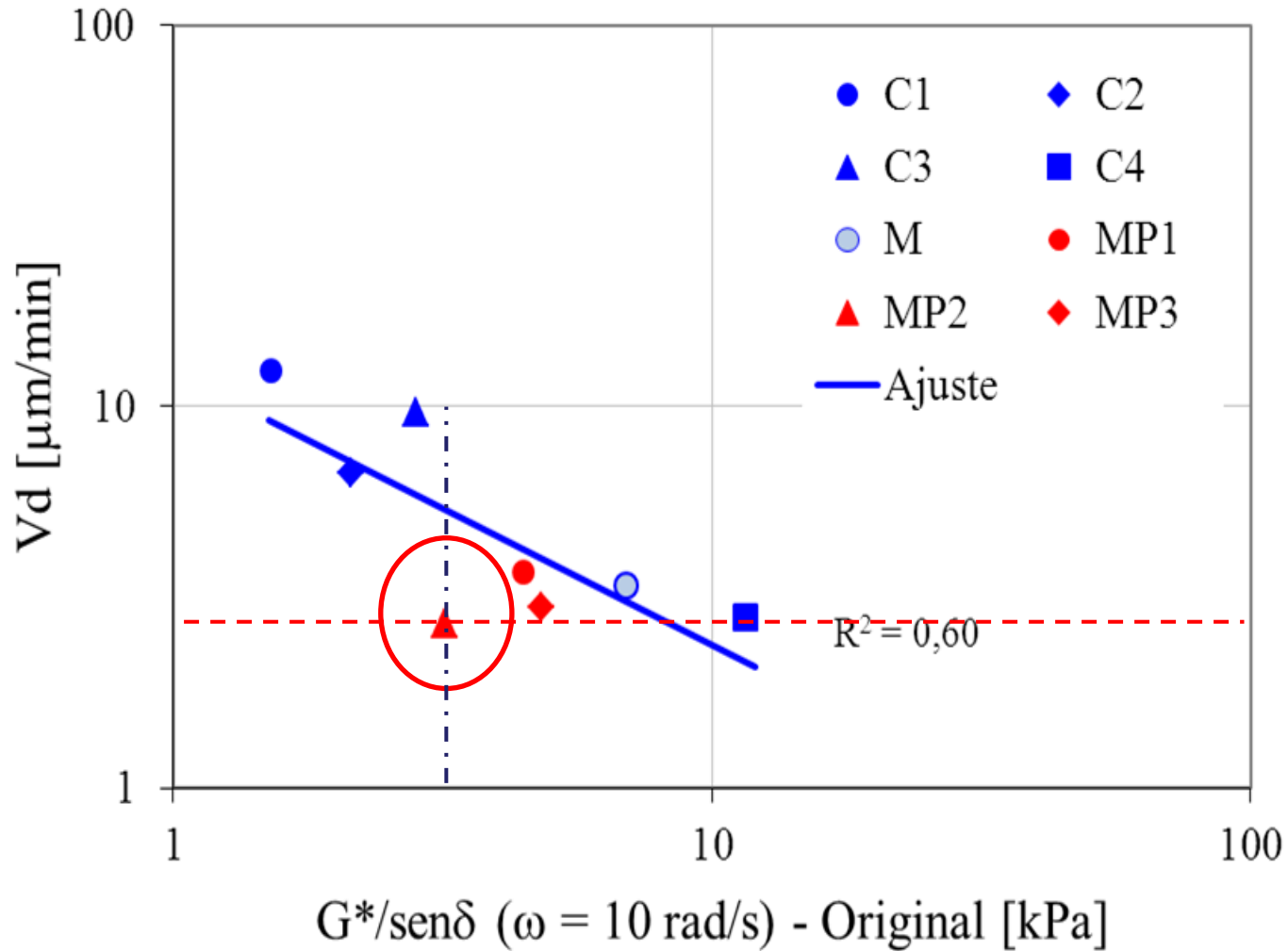
Sin embargo no define satisfactoriamente el comportamiento de asfaltos modificados con polímeros

asfaltos modificados
con “bajos” $G^*/\text{sen}\delta$

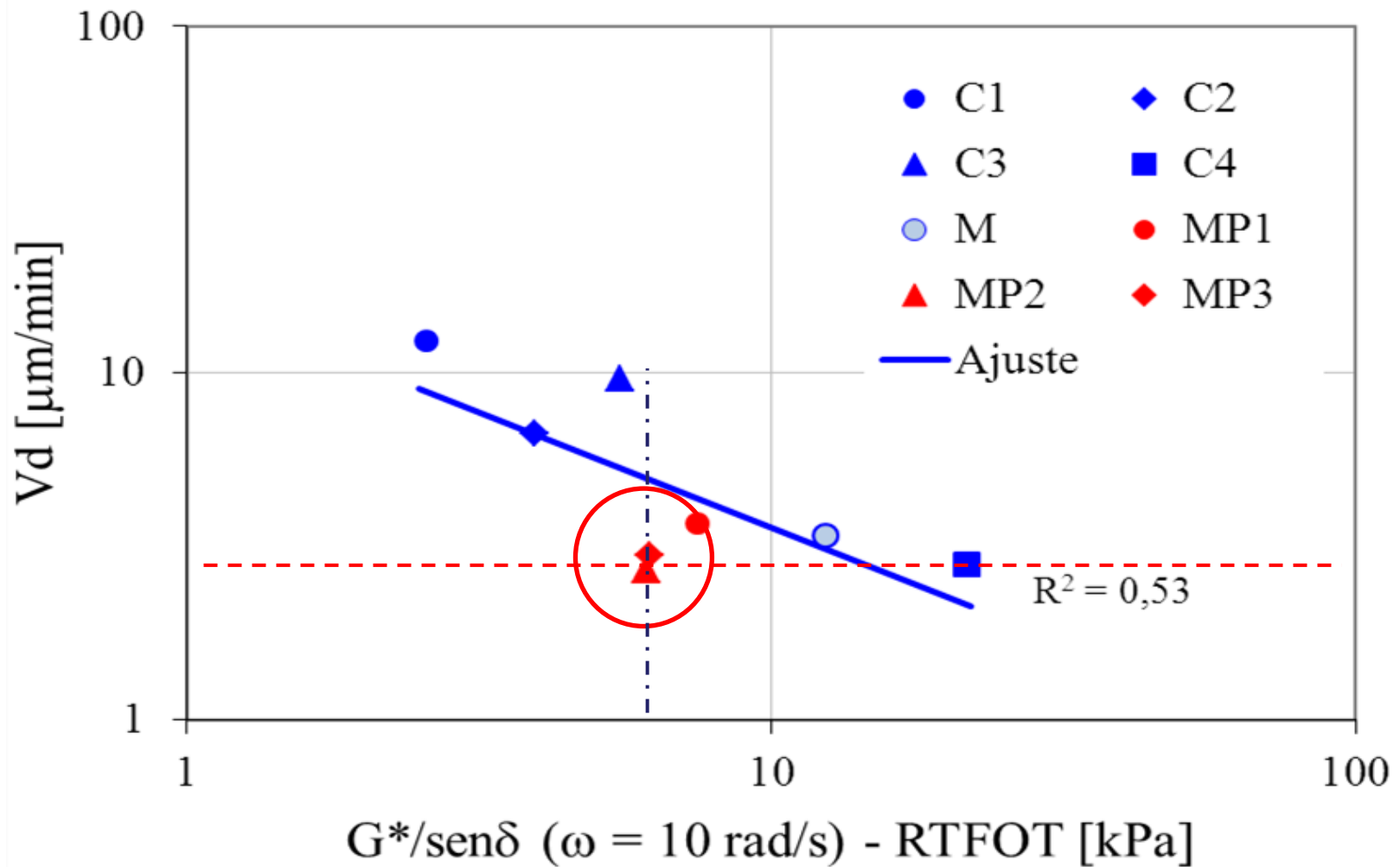


mostraron muy buenos
resultados en mezclas
aún mejores que otros con
más “altos” $G^*/\text{sen}\delta$.

Ahuellamientos (Vd) vs. $G^*/\text{sen}\delta$

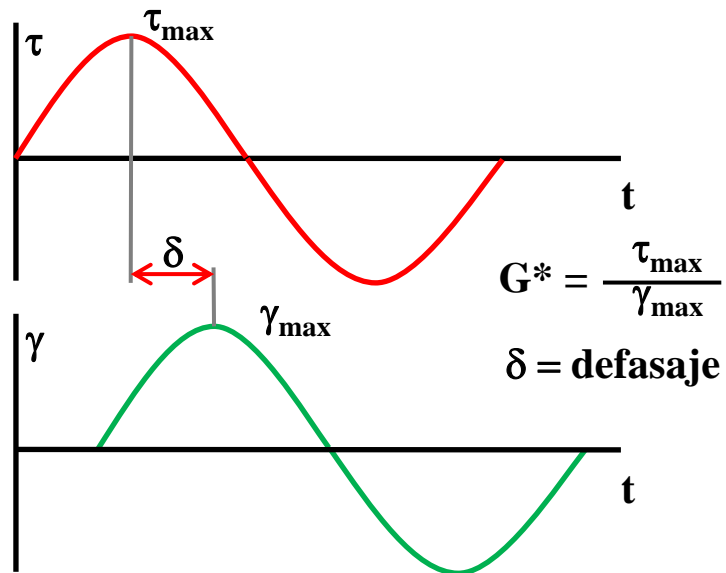
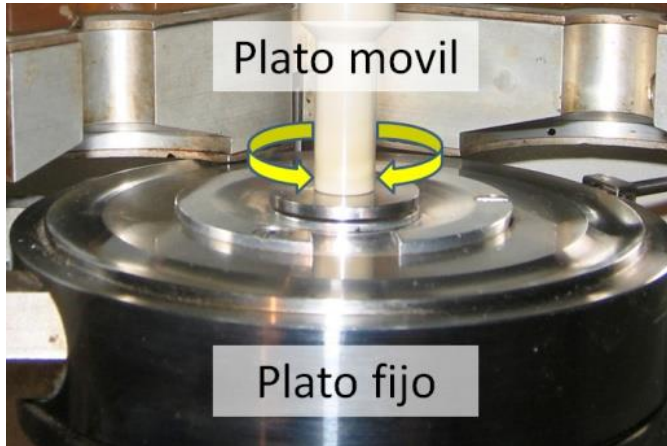


Ahuellamientos (Vd) vs. $G^*/\text{sen}\delta$

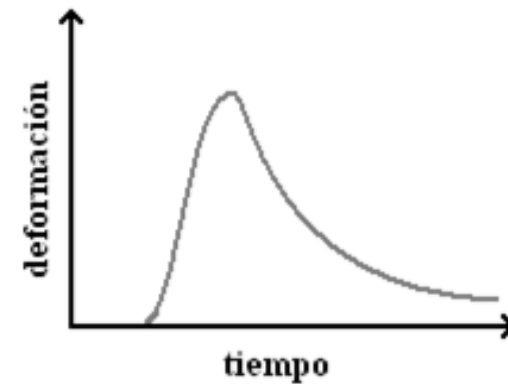
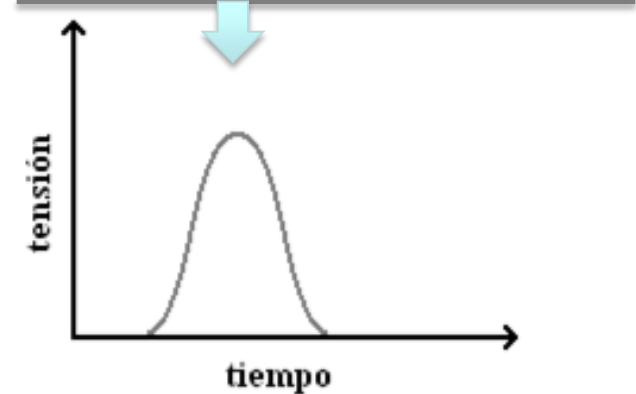


Deformaciones permanentes

Ensayo en el DSR



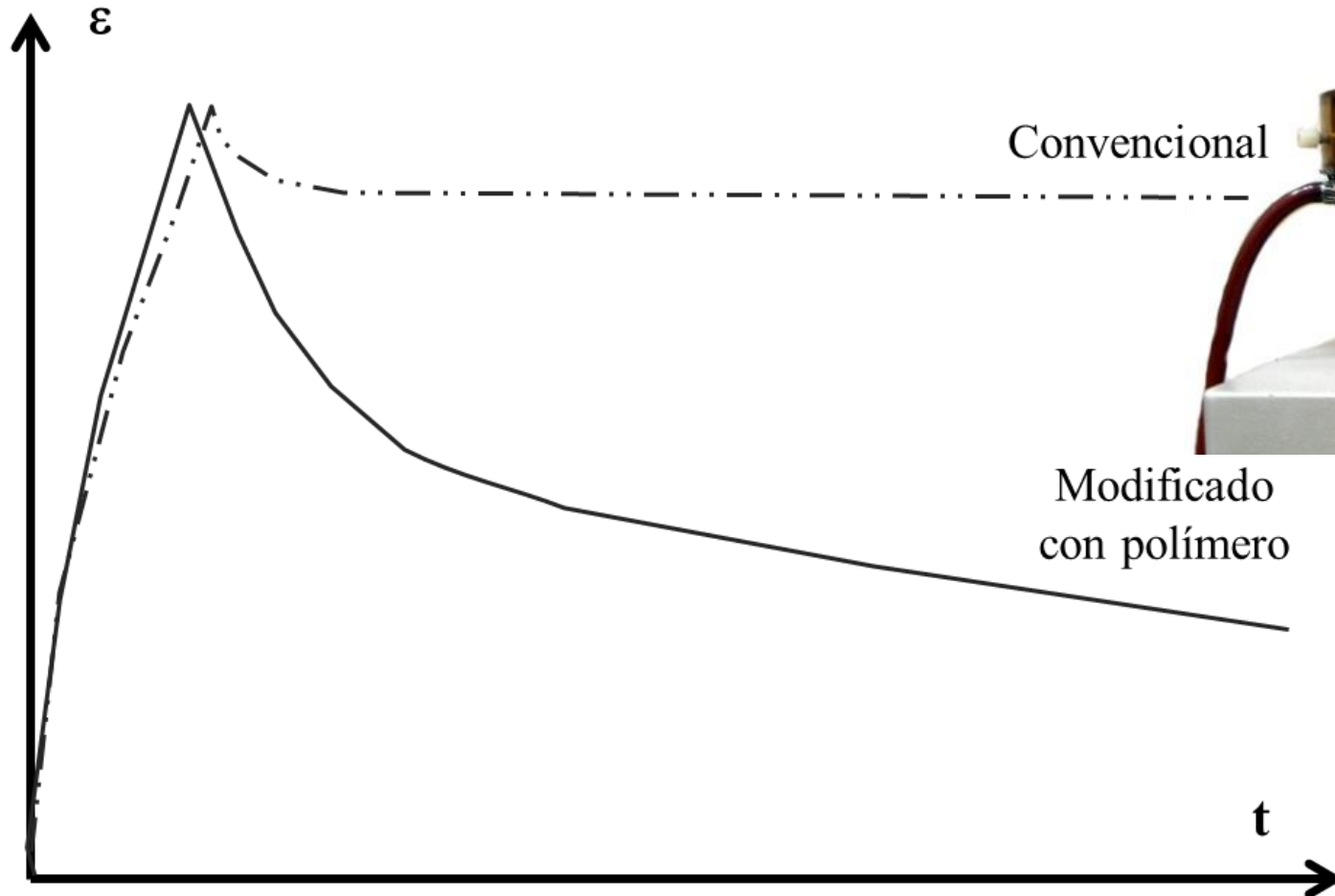
Bajo tránsito



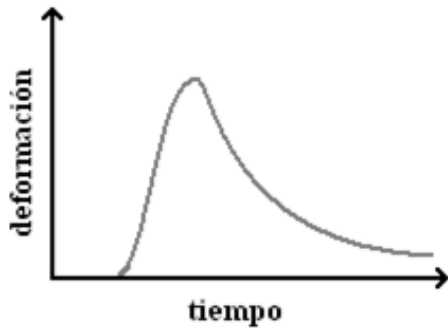
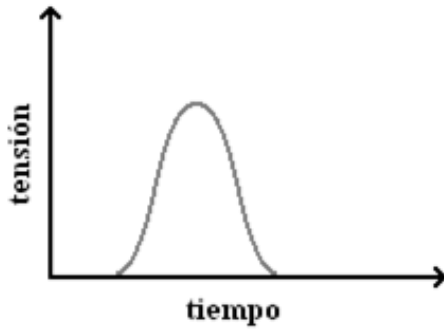
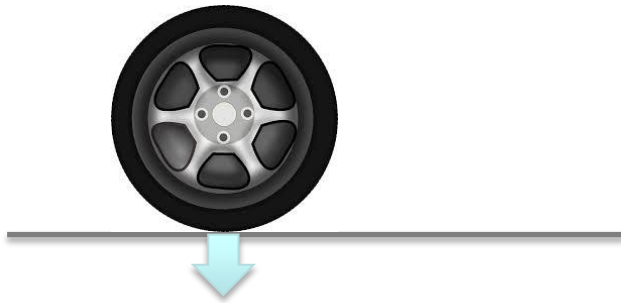
En el pavimento (bajo tránsito)

Deformaciones permanentes

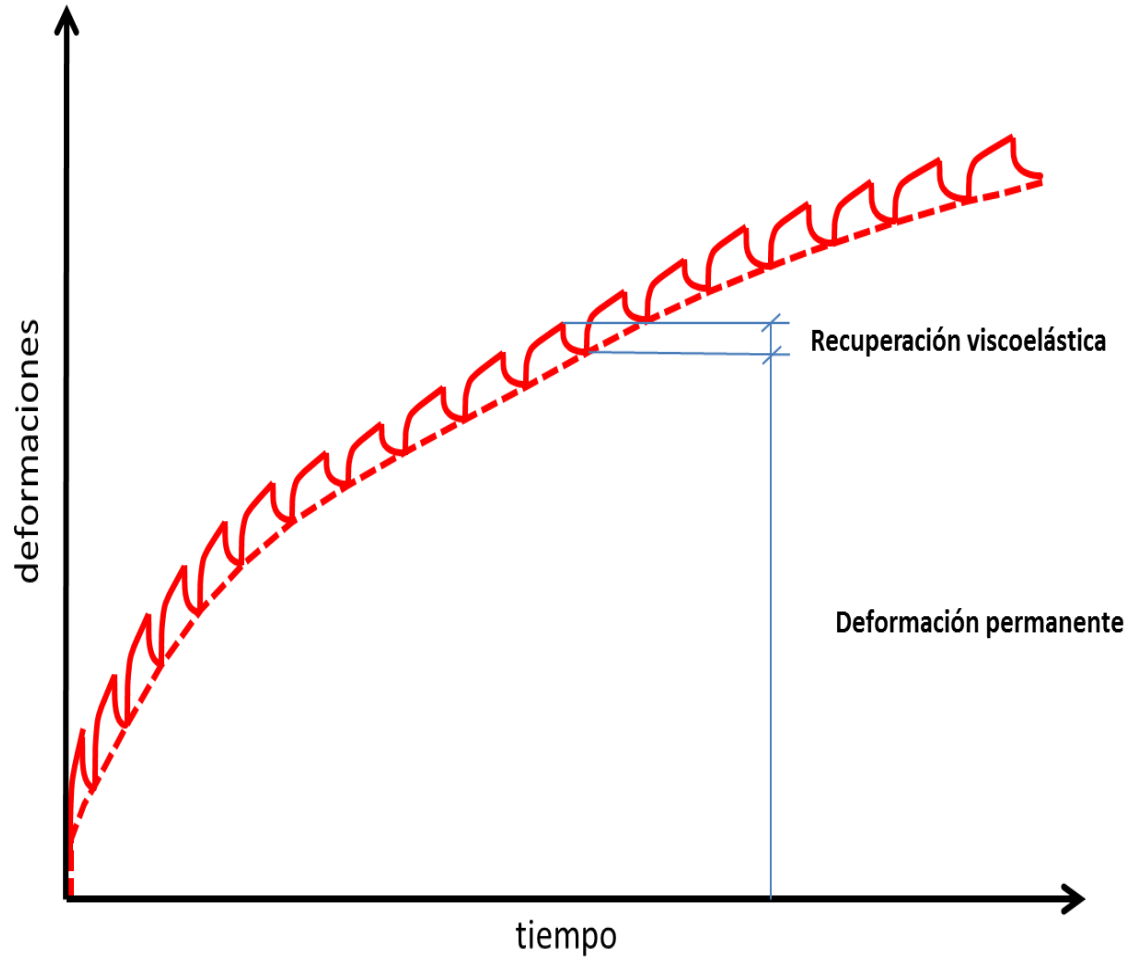
Ensayo de CREEP en el DSR



Deformaciones permanentes



En el pavimento (bajo tránsito)



Multiple Stress Creep Recovery (MSCR)



Temperatura de ensayo T_{alta} del asfalto

➤ platos paralelos:

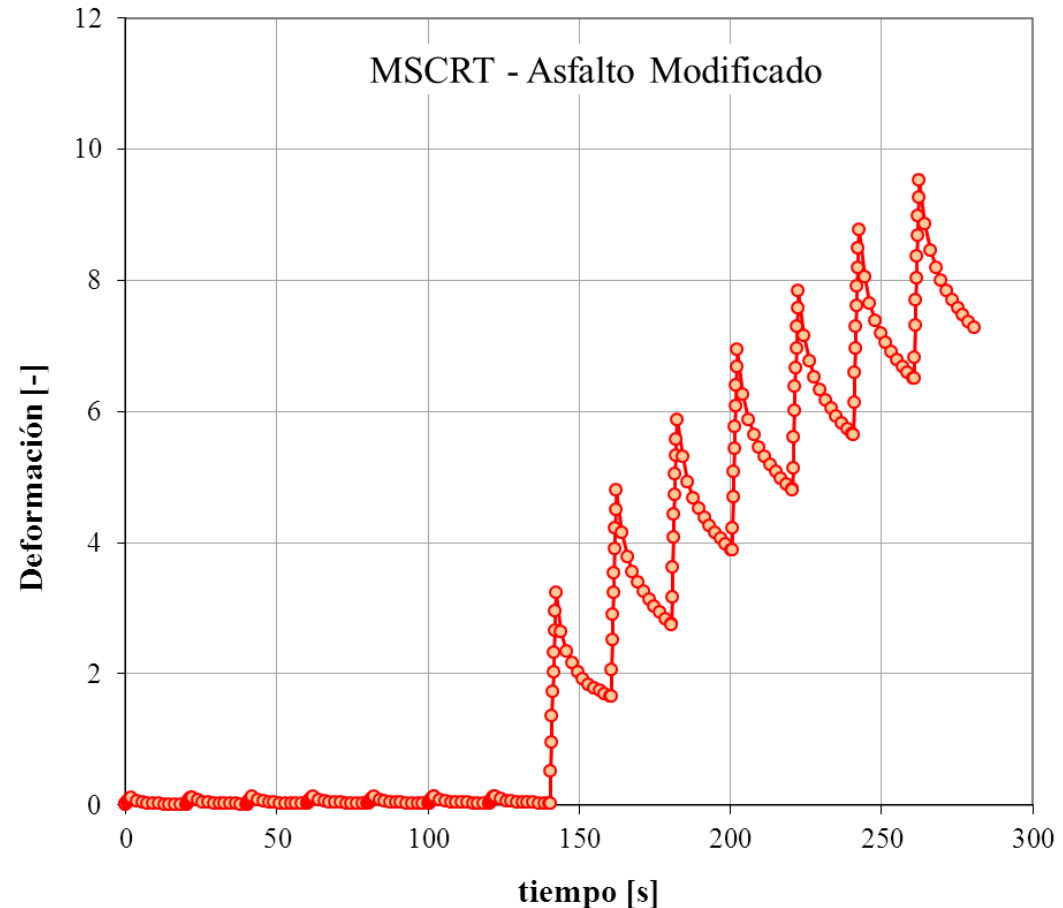
$d = 25 \text{ mm}$; $e = 1 \text{ mm}$

20 ciclos de carga y descarga:

1 s de carga con 10 s de descarga

➤ 10 ciclos a $s = 0,1 \text{ kPa}$

➤ 10 ciclos a $s = 3,2 \text{ kPa}$

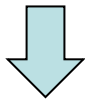


Multiple Stress Creep Recovery (MSCR)

Porcentaje de deformaciones recuperadas

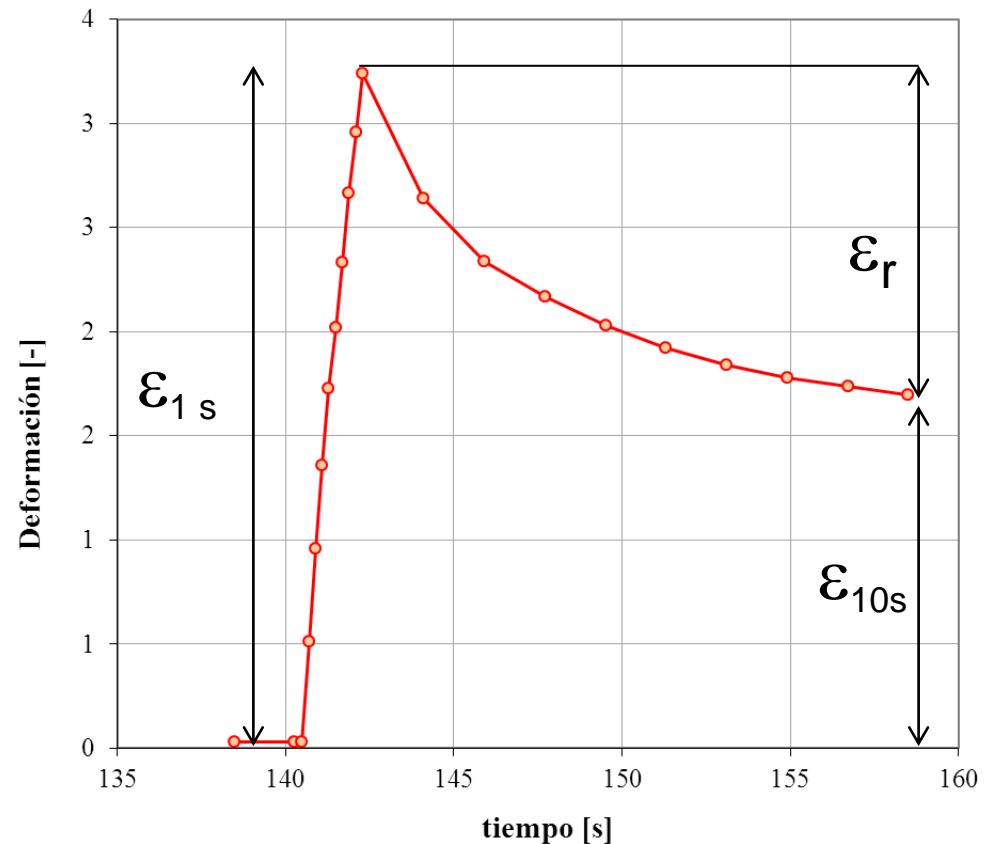
$$\varepsilon_r (0,1kPa) = \sum_{i=1}^{10} \frac{(\varepsilon_{10s} - \varepsilon_{1s})}{\varepsilon_{1s}} i \times 100 \quad [\%]$$

$$\varepsilon_r (3,2kPa) = \sum_{i=10}^{20} \frac{(\varepsilon_{20s} - \varepsilon_{2s})}{\varepsilon_{2s}} i \times 100 \quad [\%]$$



$$\Delta\varepsilon_r = \varepsilon_r (3.2kPa) - \varepsilon_r (0.1kPa)$$

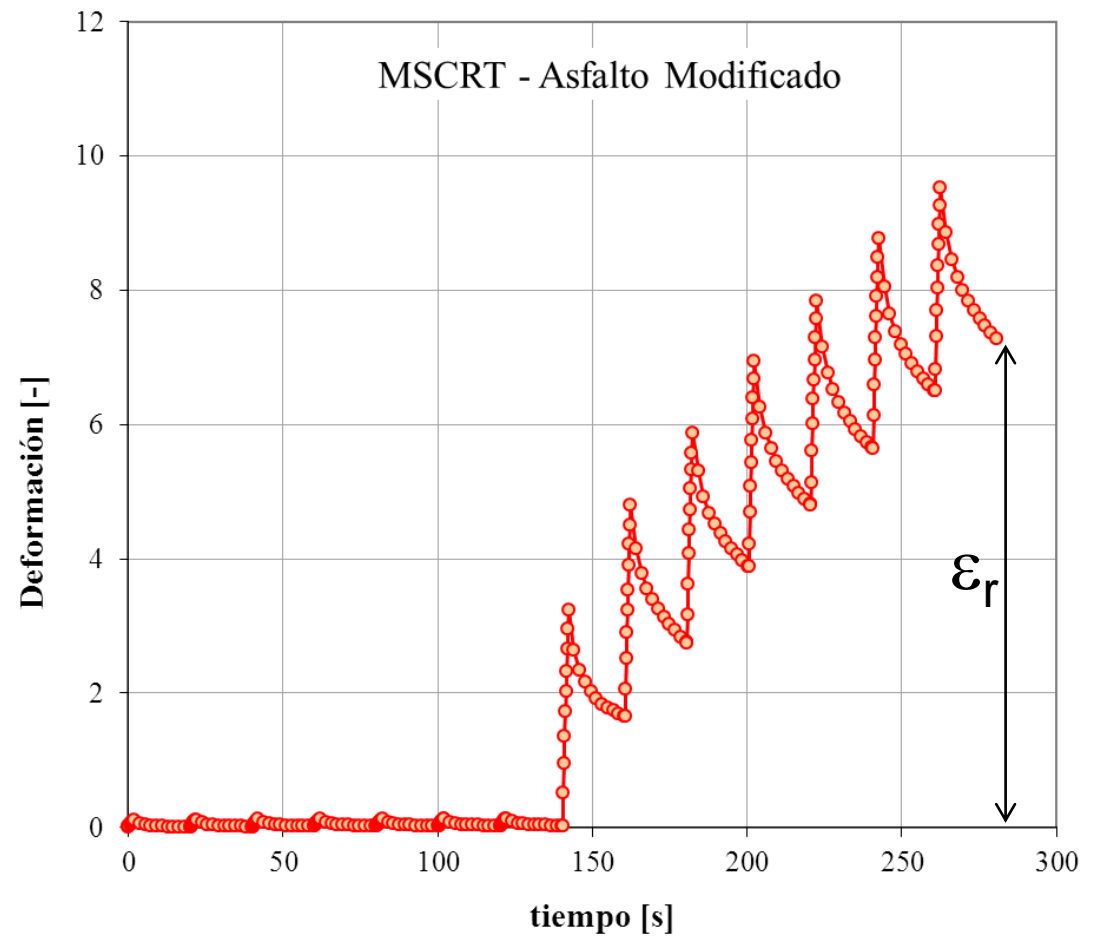
Ciclo i cualquiera



Multiple Stress Creep Recovery (MSCR)

Creep Compliance al
final del ensayo

$$J_{nr} = \frac{\varepsilon_{r \text{ acumulada}}}{3,2} \quad [kPa^{-1}]$$

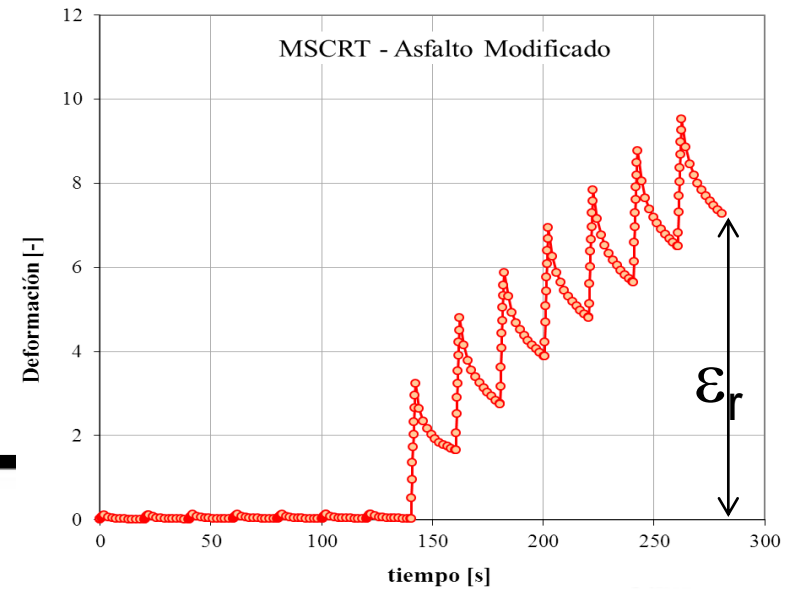




**X SIMPOSIO
DEL ASFALTO**

Performance Grade	PG 64					
	10	16	22	28	34	40
Average 7-day max pavement design temp, °C						
Min pavement design temp, °C	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40
Original Binder						
Flash point temp, T 48, min °C	230					
Viscosity, T 316: max 3 Pa·s, test temp, °C	135					
Dynamic shear, T 315: $G^*/\sin\delta$, min 1.00 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	64					
Rolling Thin-Film Oven Residue (T 240)						
Mass change, max, percent	1.00					
MSCR, TP 70: Standard Traffic "S" Grade $J_{nr3.2}$, max 4.0 kPa ⁻¹ $J_{nr diff}$, max 75% test temp, °C	64					
MSCR, TP 70: Heavy Traffic "H" Grade $J_{nr3.2}$, max 2.0 kPa ⁻¹ $J_{nr diff}$, max 75% test temp, °C	64					
MSCR, TP 70: Very Heavy Traffic "V" Grade $J_{nr3.2}$, max 1.0 kPa ⁻¹ $J_{nr diff}$, max 75% test temp, °C	64					
MSCR, TP 70: Extremely Heavy Traffic "E" Grade $J_{nr3.2}$, max 0.5 kPa ⁻¹ $J_{nr diff}$, max 75% test temp, °C	64					
Pressurized Aging Vessel Residue (R 28)						
PAV aging temp, °C	100					
Dynamic shear, T 315: "S" Grade $G^* \sin\delta$, max 5000 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	31	28	25	22	19	16
Dynamic shear, T 315: "H", "V", "E" Grades $G^* \sin\delta$, max 6000 kPa test temp @ 10 rad/s, °C	31	28	25	22	19	16
Creep stiffness, T 313: S , max 300 MPa m -value, min 0.300 test temp @ 60 s, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30

$$J_{nr} = \frac{\varepsilon_{r \text{ acumulada}}}{3,2} \quad [kPa^{-1}]$$



MSCR, TP 70:

Standard Traffic "S" Grade

$J_{nr3,2}$, max 4.0 kPa⁻¹

$J_{nr\text{diff}}$, max 75%

test temp, °C

MSCR, TP 70:

Heavy Traffic "H" Grade

$J_{nr3,2}$, max 2.0 kPa⁻¹

$J_{nr\text{diff}}$, max 75%

test temp, °C

MSCR, TP 70:

Very Heavy Traffic "V" Grade

$J_{nr3,2}$, max 1.0 kPa⁻¹

$J_{nr\text{diff}}$, max 75%

test temp, °C

MSCR, TP 70:

Extremely Heavy Traffic "E" Grade

Grade

$J_{nr3,2}$, max 0.5 kPa⁻¹

$J_{nr\text{diff}}$, max 75%

test temp, °C

64

64

64

Visión Europea, Concepto de Zero Shear Viscosity

El avance de la tecnología de los asfaltos ha sido propiciado y acompañado por un importante desarrollo en los ligantes disponibles y en particular de los asfaltos modificados.

Es evidente que las propiedades seleccionadas deben caracterizar todos los asfaltos

 ***convencionales***

 ***modificados***

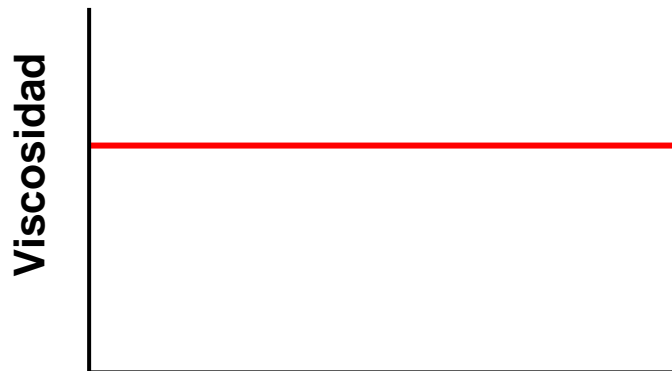
La reología y el ahuellamiento

Visión Europea, Concepto de Zero Shear Viscosity

El asfalto es un material termoplástico

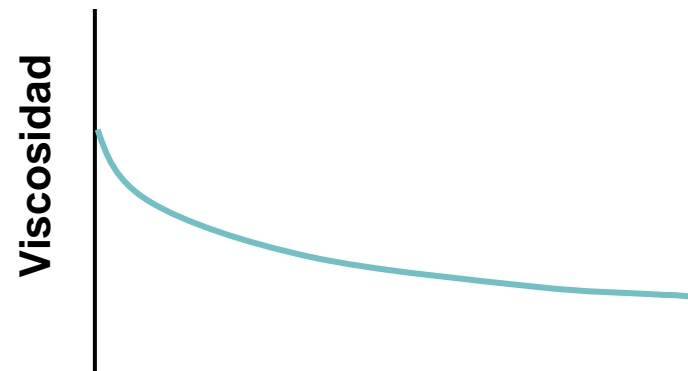


Las propiedades cambian con la temperatura



Esfuerzo de corte

Newtoniano

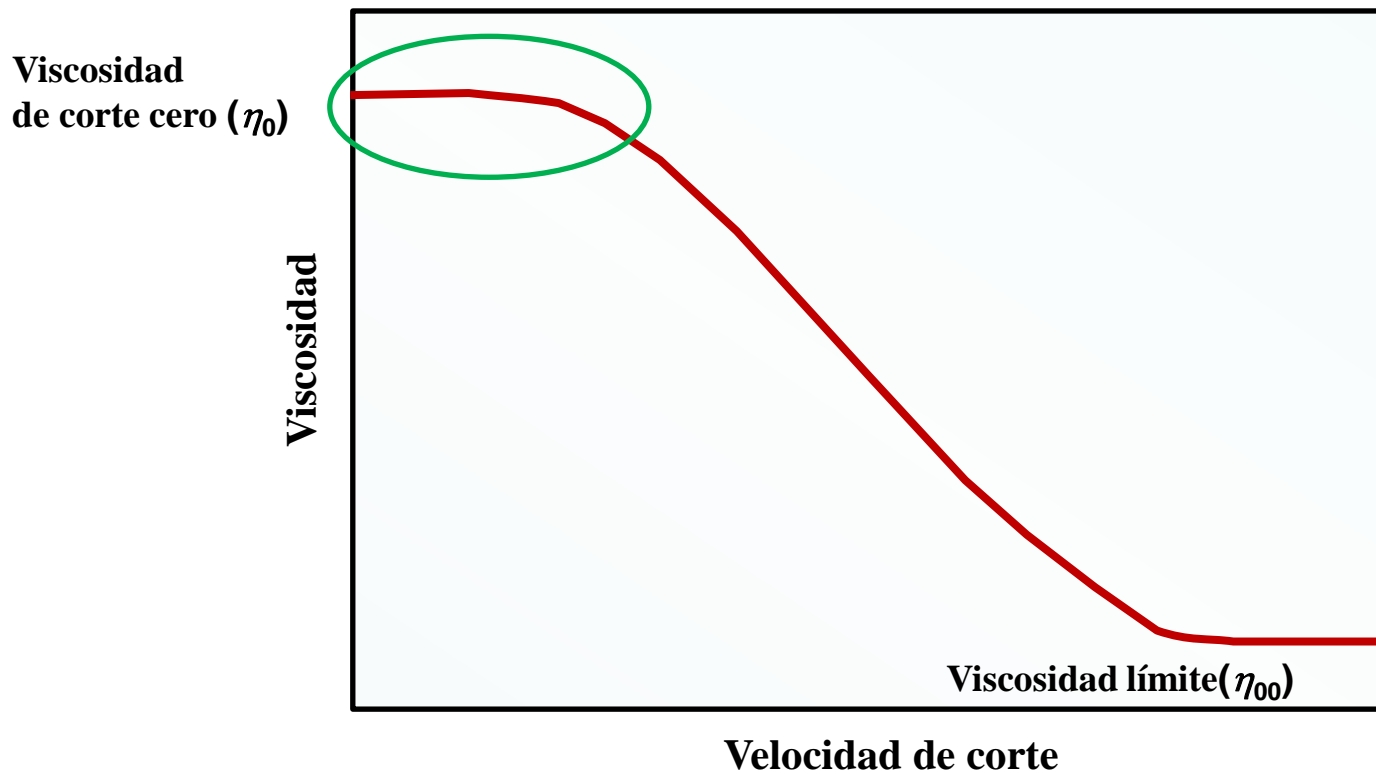


Esfuerzo de corte

No Newtoniano

La reología y el ahuellamiento

Visión Europea, Concepto de Zero Shear Viscosity



Comparar asfaltos convencionales y modificados

Mediciones reológicas – Viscosidad de corte cero (ZSV)

✚ Barrido de frecuencias

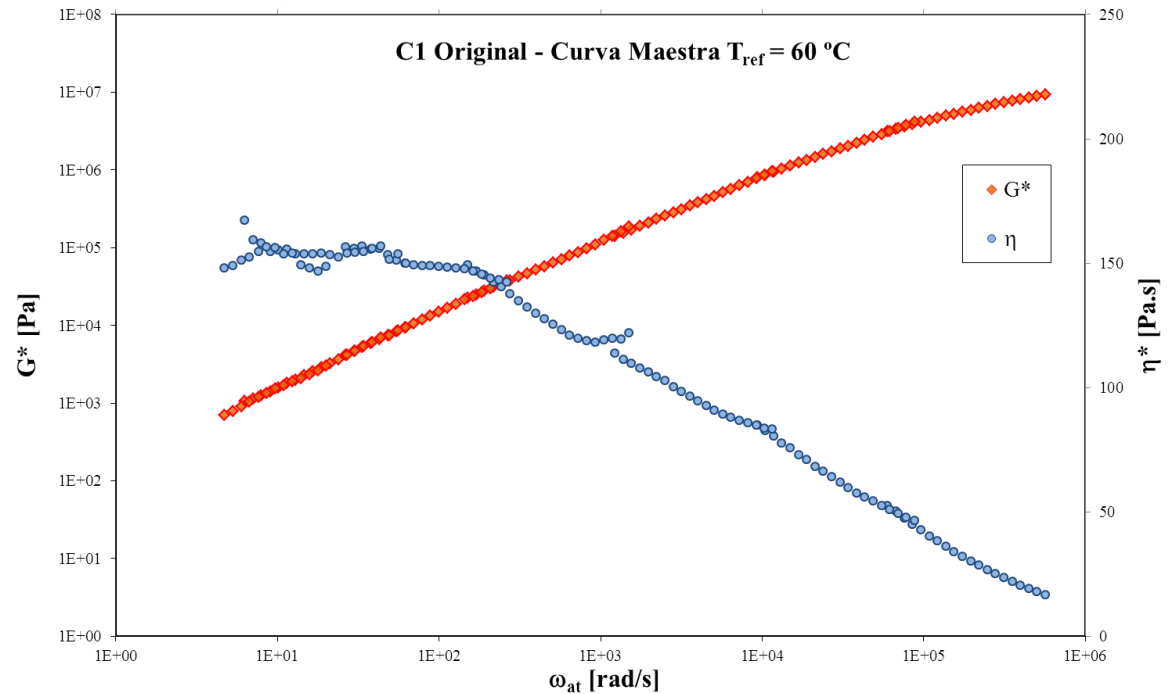


Viscosidad Compleja

$$\eta' = \frac{G^*}{\omega}$$

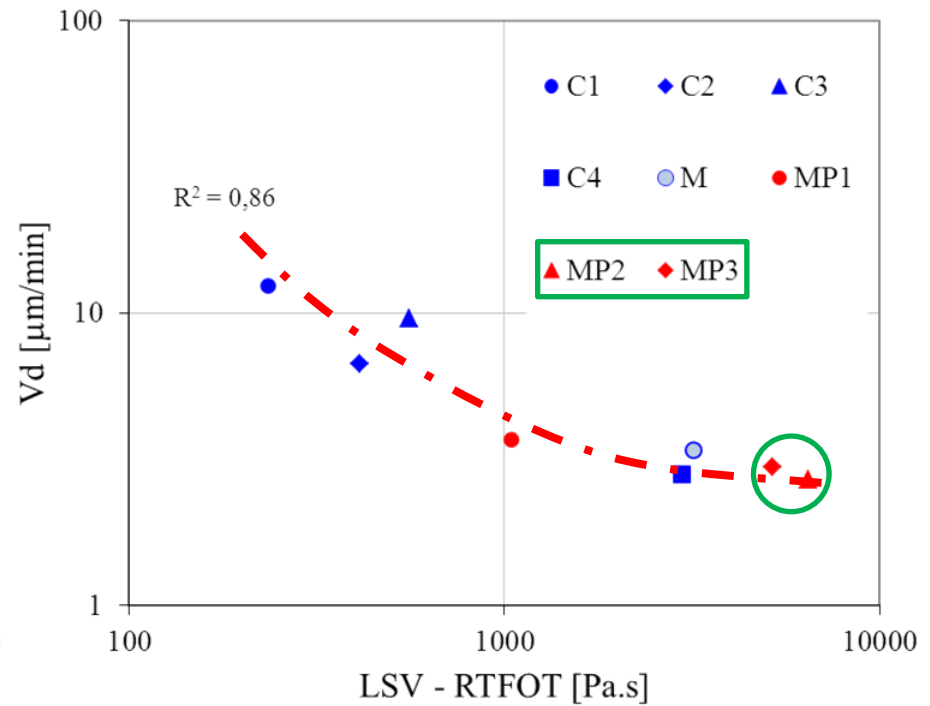
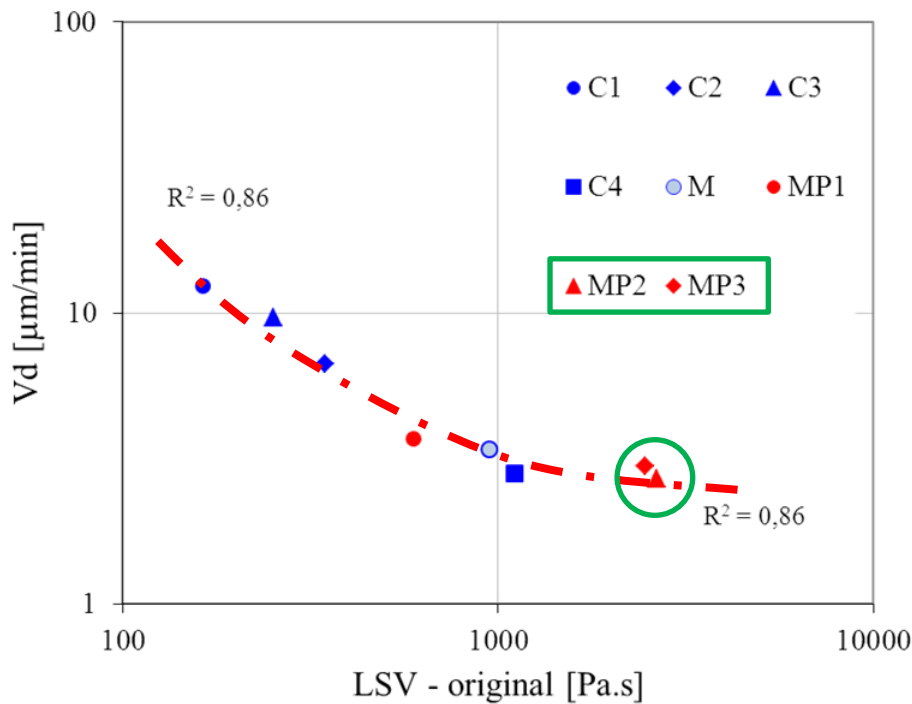
Modelo de Cross

$$\eta' = \eta'_{\infty} + \frac{\eta'_0 + \eta'_{\infty}}{1 + (k \cdot \omega)^n}$$



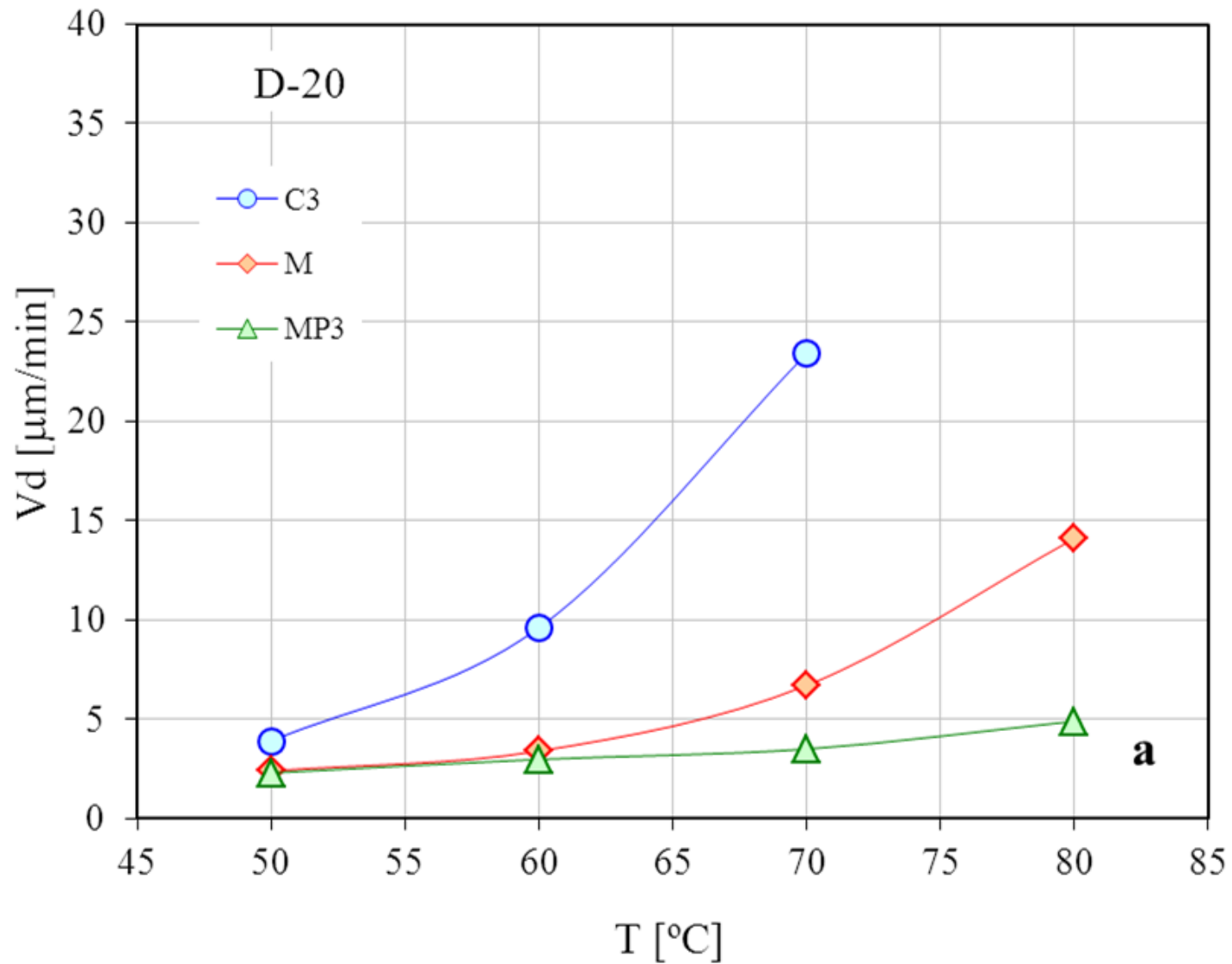
Se obtiene del ajuste la ZSV

Ahuellamientos (Vd) vs. Low Shear Viscosity (LSV)

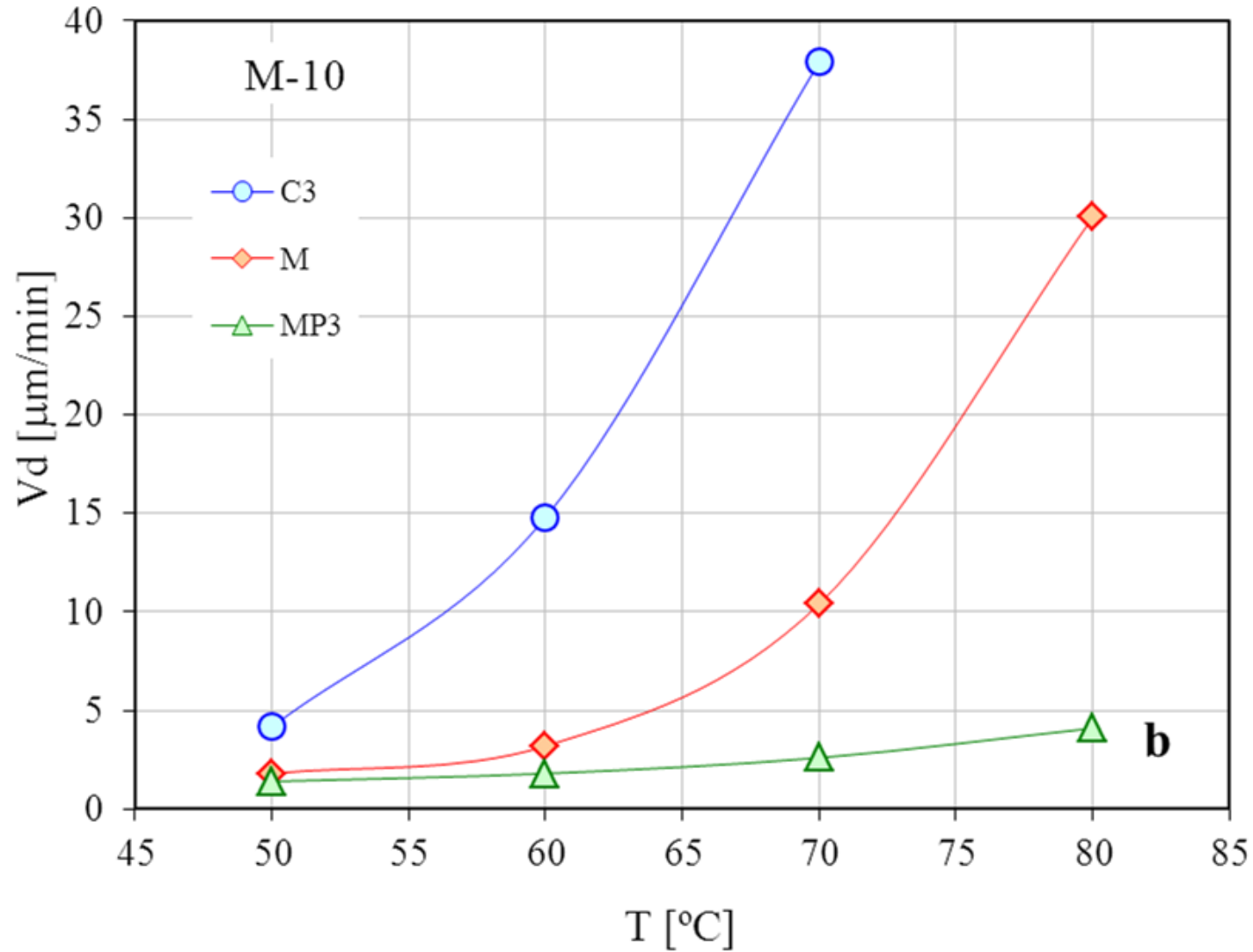


$$Vd [\mu\text{m} / \text{min}] = a + \frac{b}{LSV}$$

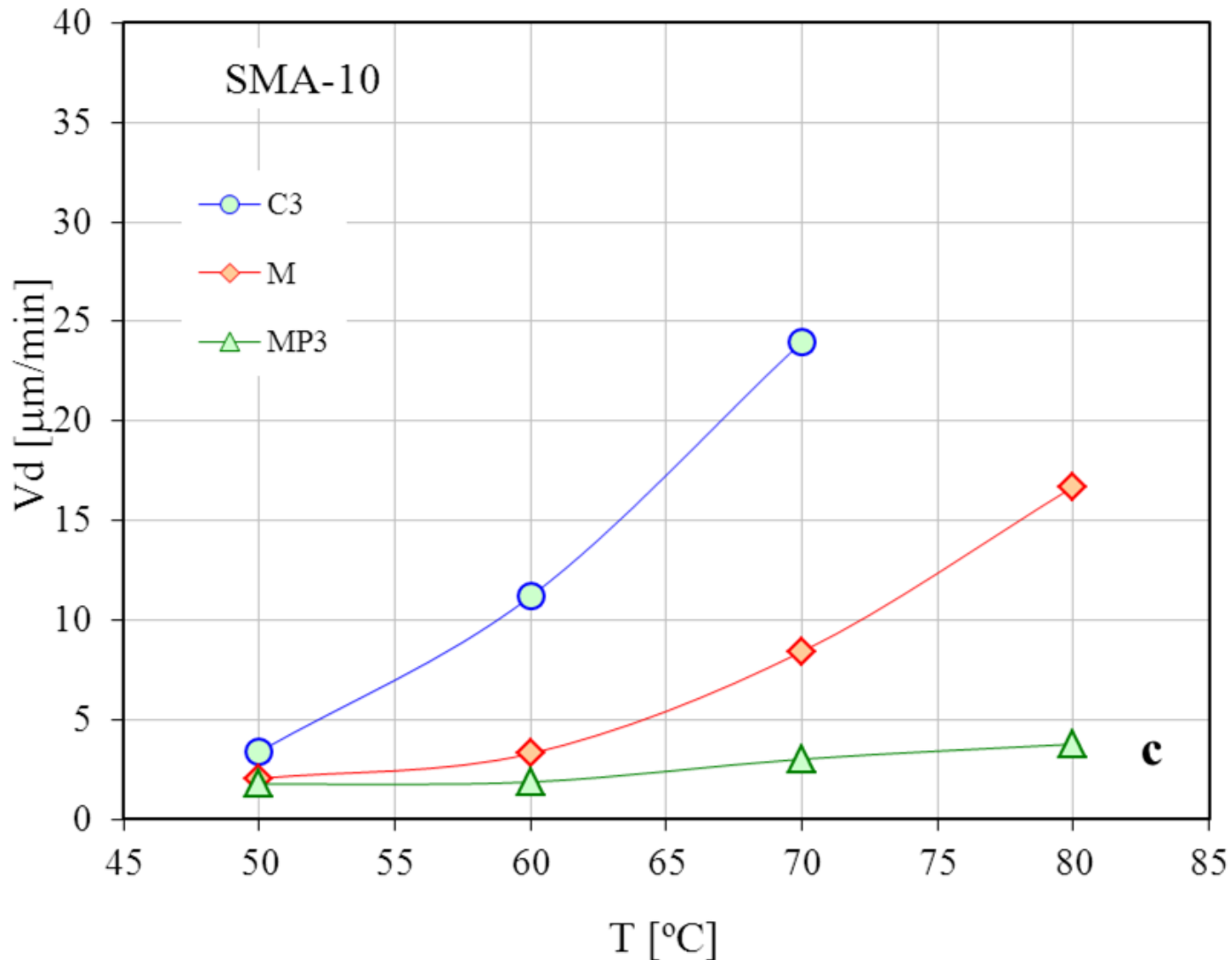
Ahuellamientos (Vd) vs. Temperatura



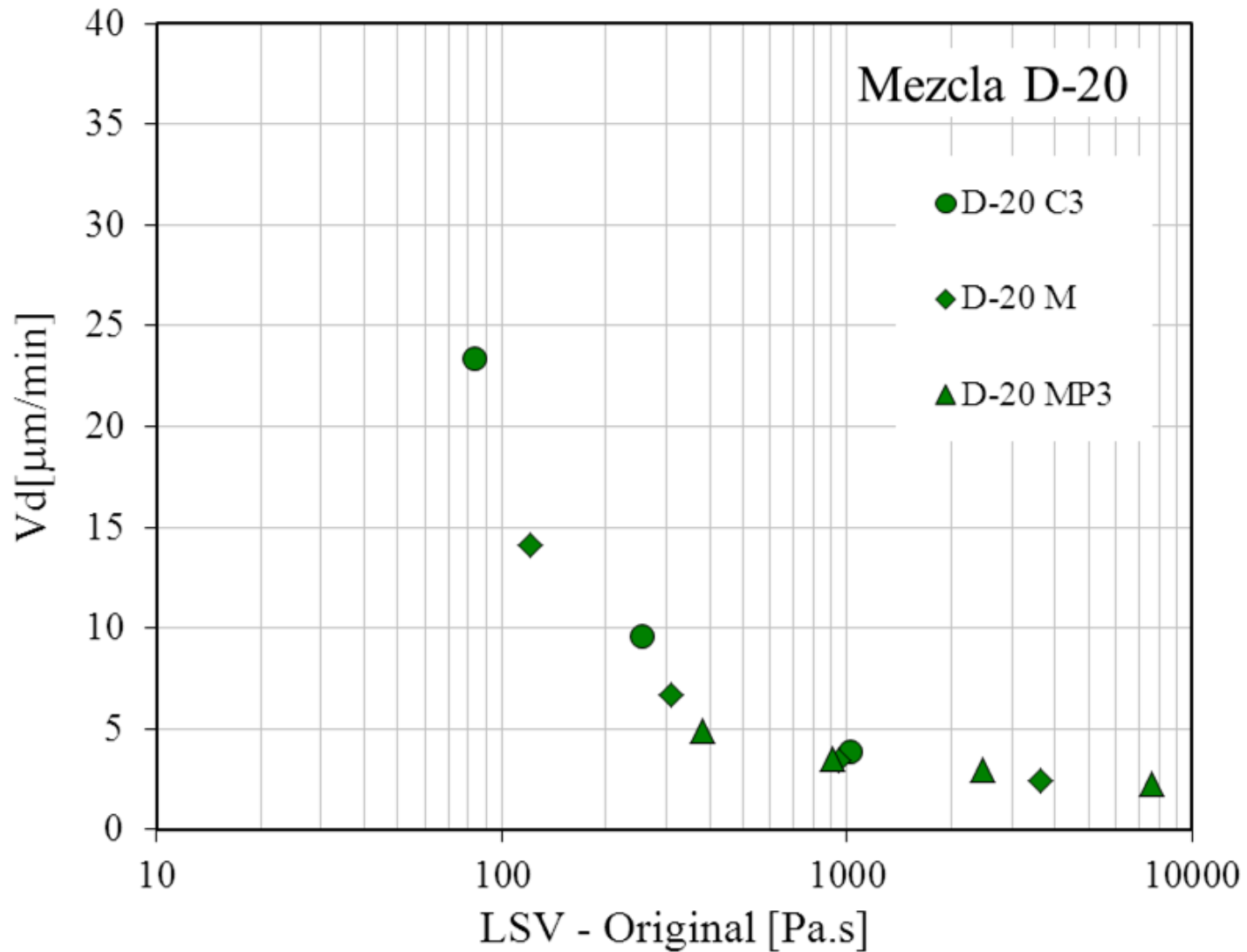
Ahuellamientos (Vd) vs. Temperatura



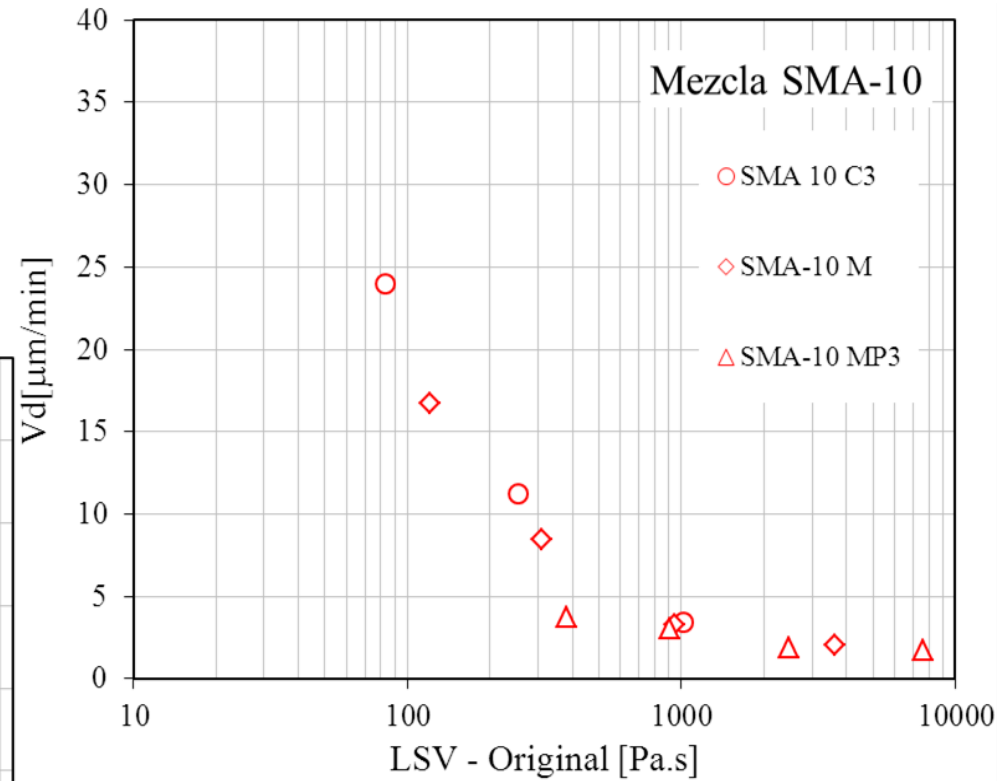
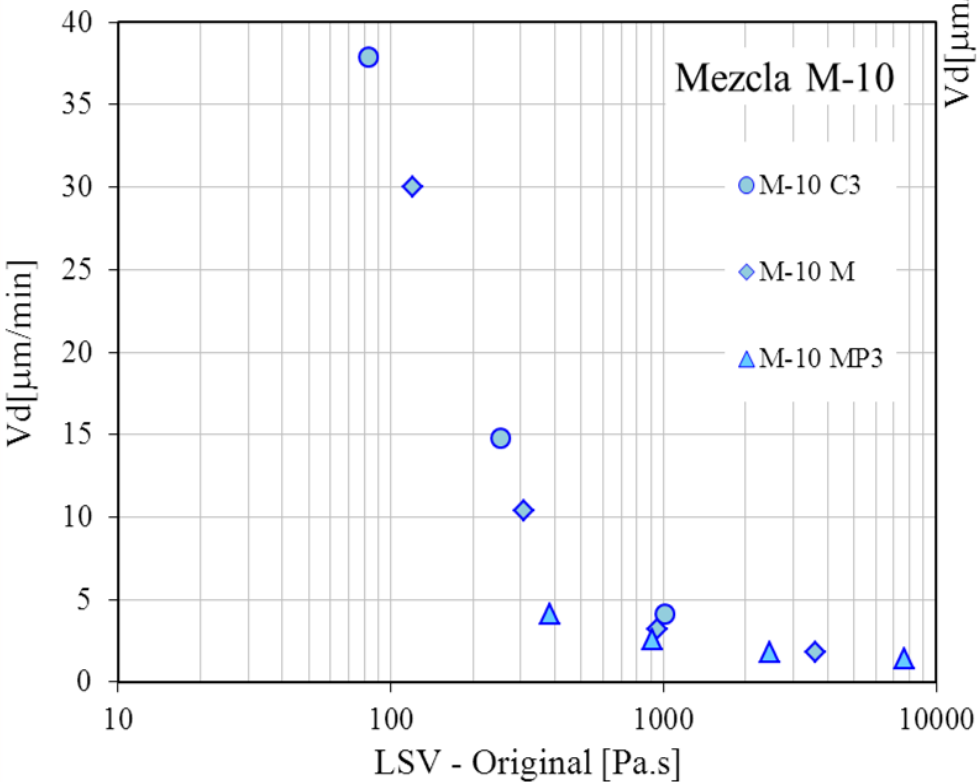
Ahuellamientos (Vd) vs. Temperatura



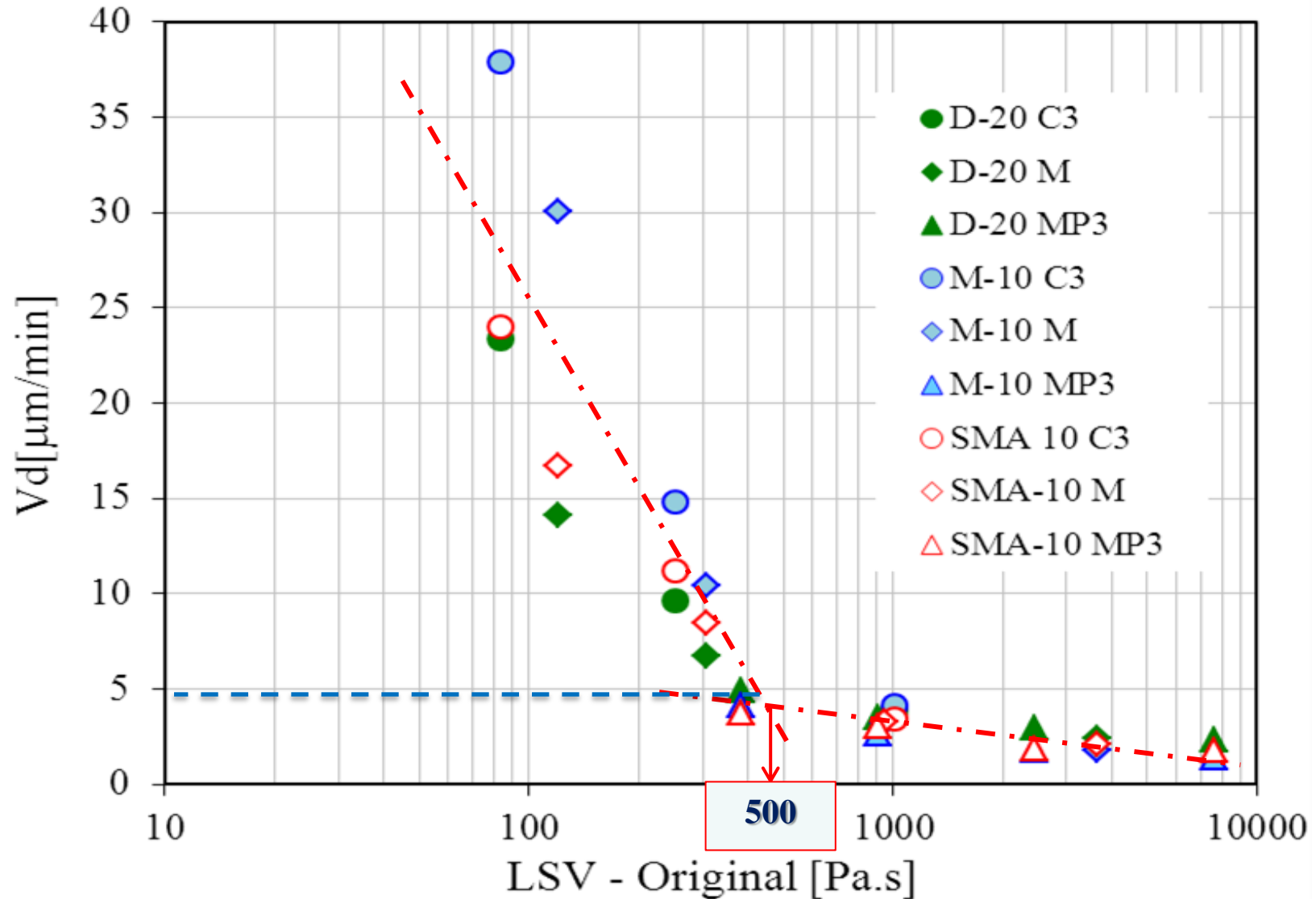
Ahuellamientos (Vd) vs. LSV



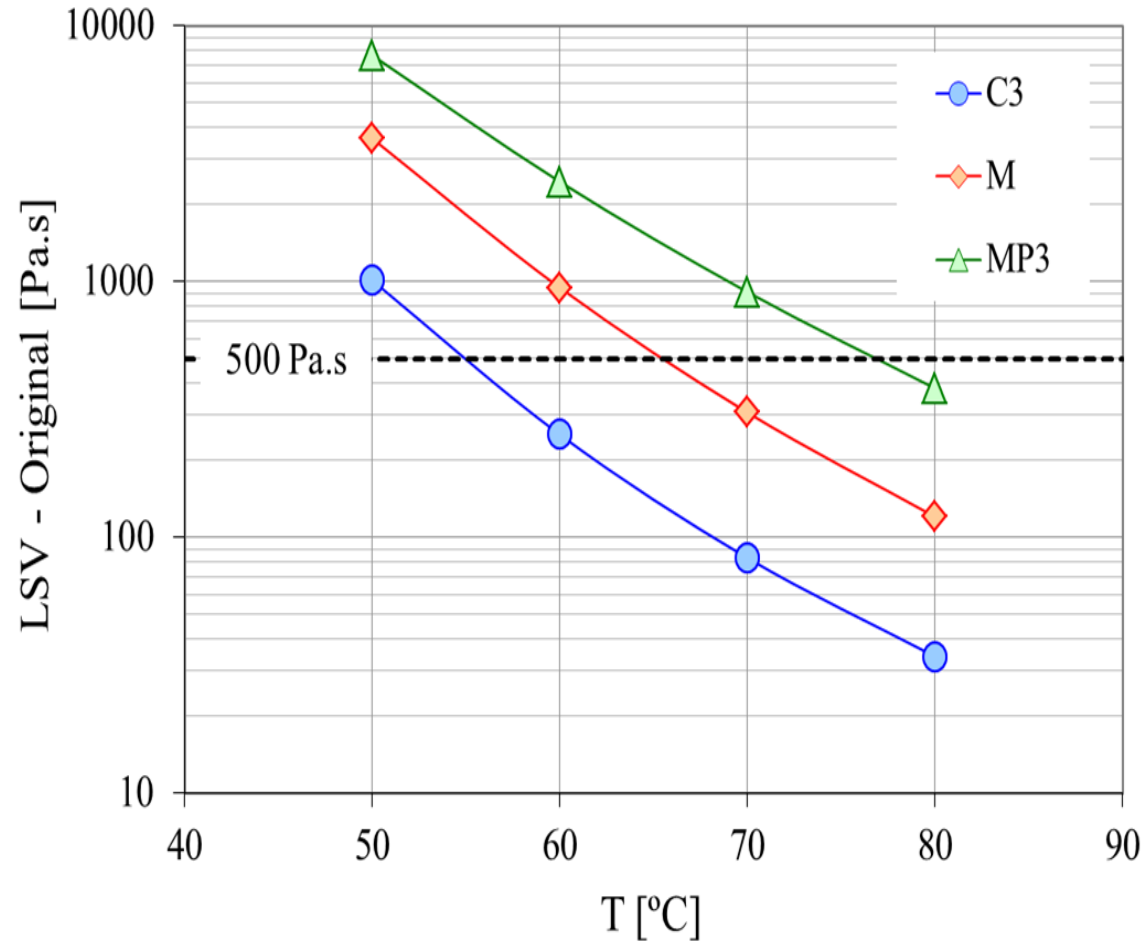
Ahuellamientos (Vd) vs. LSV



Ahuellamientos (Vd) vs. LSV

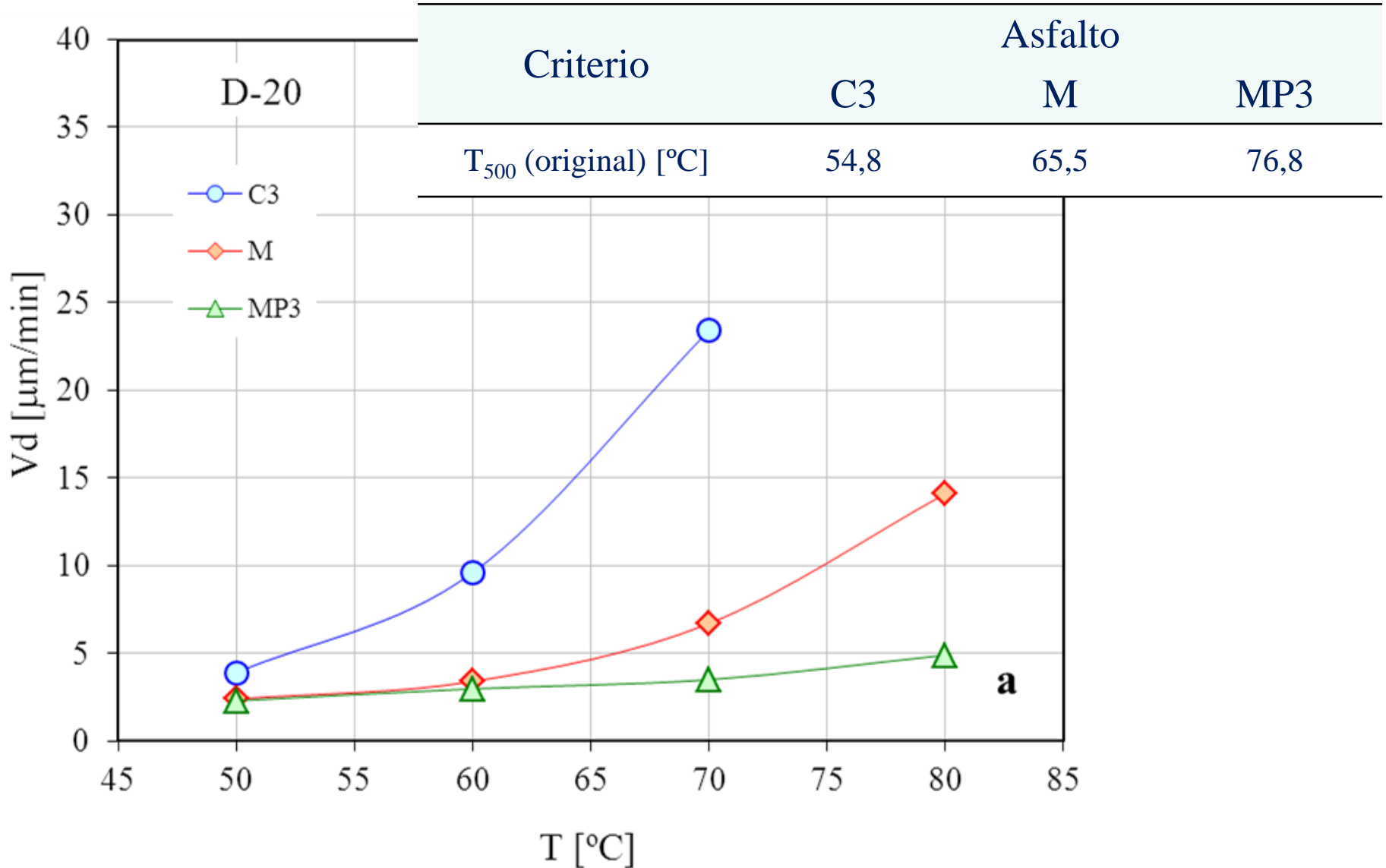


Ahuellamientos (Vd) y la LSV

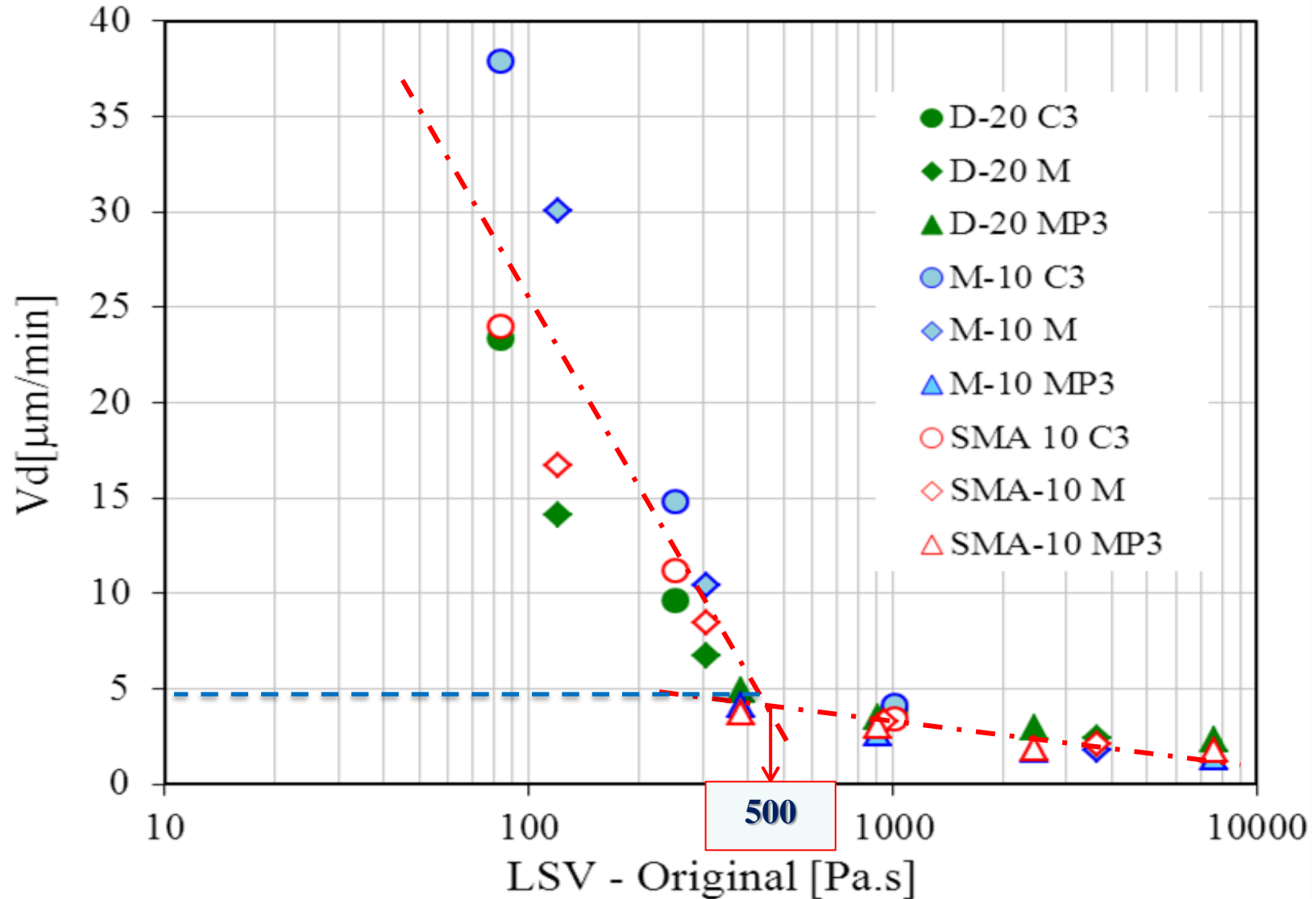


Criterio	Asfalto		
	C3	M	MP3
T_{500} (original) [°C]	54,8	65,5	76,8

Ahuellamientos (Vd) vs. Temperatura

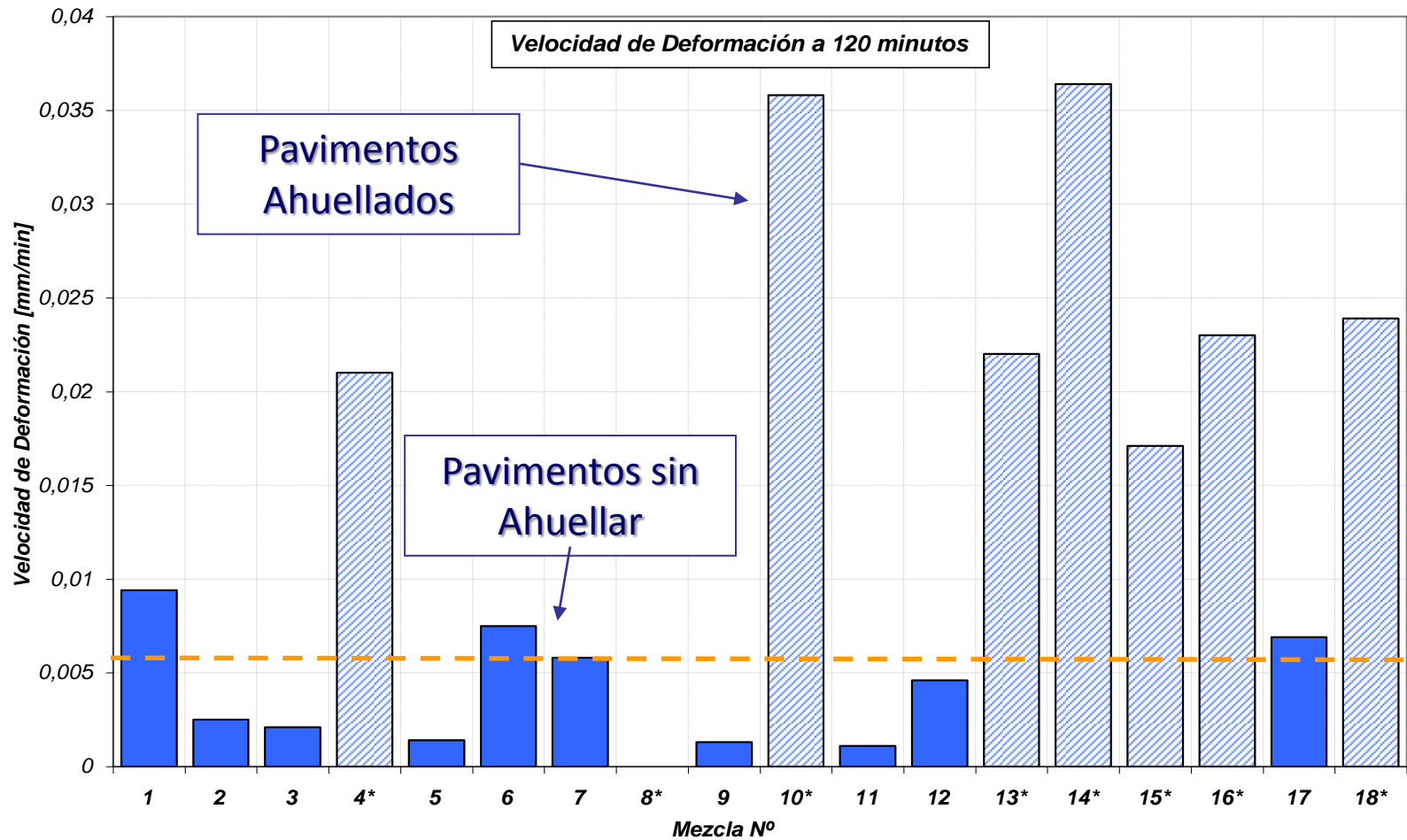


Ahuellamientos (Vd) vs. LSV



LIMITES DE DEFORMACIÓN

Agnusdei y otros: Estudios sobre testigos de mezclas de concreto asfáltico con asfaltos convencionales extraídas del pavimento.*



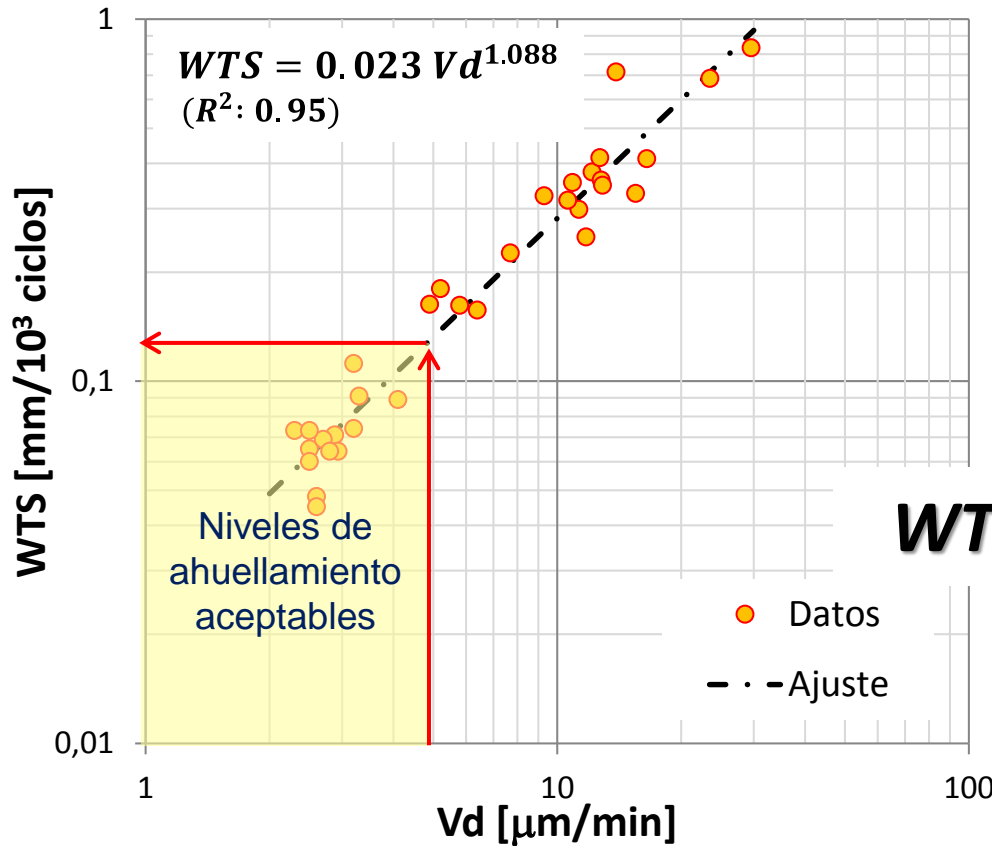
* Presentado en XXXIV Reunión del Asfalto

LIMITES DE DEFORMACIÓN

Límite propuesto por Agnusdei para el ensayo BS 598-110

$$Vd < 5,2 \mu\text{m}/\text{min}$$

(para 120 min y $T_{\text{ens}} = 60^\circ \text{C}$)



$$Vd = 5,2 \mu\text{m}/\text{min}$$



$$WTS = 0,132 \text{ mm}/10^3 \text{ ciclos}$$

Consideraciones Finales

- Las propiedades reológicas para la caracterización de los ligantes están relacionadas al desempeño en mezclas asfálticas
- Existe una buena relación entre estas propiedades y el desempeño en mezclas
- Se pueden utilizar para ver que condiciones climáticas y de tránsito usar un ligante
- Se pueden asociar límites de desempeño de mezclas

MUCHAS GRACIAS