



PRE-XVII CONGRESO ARGENTINO  
de Vialidad y Tránsito

8º EXPOVIAL ARGENTINA

3 AL 6 DE NOVIEMBRE 2014

HOTEL PANAMERICANO - Buenos Aires, Argentina



# Soluciones para tratar el ahuellamiento: alternativas y casos de estudio

*Ing. Mario Jair  
Comisión Permanente del Asfalto*

X CONGRESO INTERNACIONAL ITS

X SIMPOSIO DEL ASFALTO

II SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN



[www.congresodevialidad.org.ar](http://www.congresodevialidad.org.ar)

# ***Soluciones para tratar el ahuellamiento: alternativas y casos de estudio***

- Agenda
  - Tipos de deterioros
  - Catálogo de soluciones
  - Casos de estudio
  - Conclusiones y debate



# Tipos de deterioros

Tipo	Definición	Posibles causas
<b>Hundimiento</b> ( <i>subsidence</i> )	Alteraciones de nivel localizadas que crean desniveles bruscos e importantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Degradaciones localizada en capas inferiores (drenaje).</li> <li>▪ Construcción localmente defectuosa.</li> <li>▪ Contaminación.</li> <li>▪ Desplome de cavidades subterráneas.</li> <li>▪ Fallos localizados</li> <li>▪ Falla de terreno</li> </ul>
<b>Depresión</b> ( <i>Bird bath</i> )	Asiento localizado de la superficie de la calzada en forma de hundimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Degradaciones localizada en capas inferiores (drenaje).</li> <li>▪ Construcción localmente defectuosa.</li> <li>▪ Rotura de canalizaciones.</li> <li>▪ Fallas de subrasante</li> </ul>
<b>Cordones</b> ( <i>shoving, ridge</i> )	Desplazamiento horizontal de material creando protuberancias prolongadas en la dirección del tráfico (longitudinal, generalmente en el borde de la calzada) o perpendiculares al tránsito (transversal)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falta de adherencia entre capas.</li> <li>▪ Falta de contención lateral en la capa de rodamiento</li> <li>▪ <b>Mezclas poco estables</b></li> <li>▪ Fuerzas tangenciales debida a vehículos pesados, en general en rampas</li> </ul>

## Tipos de deterioros (cont.)

Tipo	Definición	Posibles causas
<b>Ondulación</b> ( <i>rippling/ corrugation</i> )	Definición: ondulaciones transversales en la superficie de rodamiento en forma regular (simil chapa ondulada)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Deformación diferencial del suelo en profundidad</li> <li>▪ Esfuerzos tangenciales de importancia.</li> <li>▪ <b>Poca estabilidad en mezclas.</b></li> <li>▪ <b>Mala calidad y colocación de capa de rodamiento</b></li> </ul>
<b>Huellas</b> ( <i>imprint</i> )	Impresión en relieve que se localiza en la superficie de rodamiento ocasionada por el paso de vehículos pesados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estacionamiento prolongado de vehículos pesados</li> <li>▪ <b>Poca estabilidad en mezclas.</b></li> <li>▪ Huella de compactador</li> <li>▪ Exceso de ligante en riegos</li> </ul>
<b>Rutting</b>	Deformación transversal por hundimiento lo largo de la huella, acompañada en general de cordones laterales por fluencia del material.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Mezclas con insuficiente resistencia a las deformaciones plásticas (debido a ligantes blandos, mala calidad de áridos, exceso de asfalto) en combinación con tráfico pesado y canalizados + temperaturas elevadas.</b></li> <li>▪ Compactación insuficiente.</li> </ul>

**Diversas causas...morfología y soluciones están asociadas al origen!!**

## ■ Factores de influencia

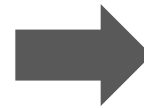
### ■ Elección del tipo de mezclas

- Diseño estructural
- Posición en la estructura



### ■ Diseño de la/las mezclas

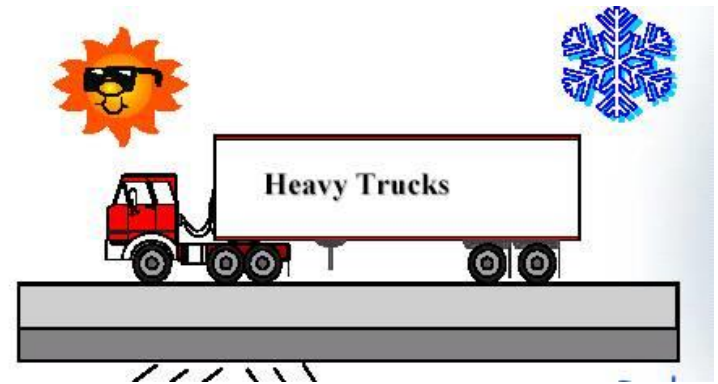
- Agregados desgaste/forma/angularidad)
- Curva granulométrica (“**tipo**” de mezcla)
- Tipo y contenido de ligante
- **Análisis de “sensibilidad”**



Mezclas y por ende  
estructuras  
“antihuellamiento”

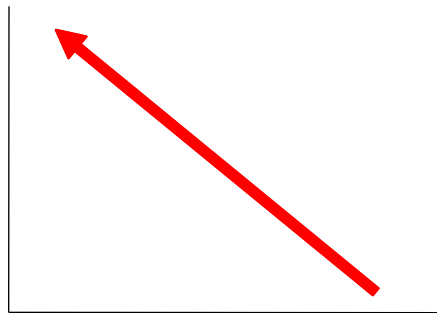
# Catálogo de soluciones (cont.)

## ■ Dilemas y...



< Deformaciones

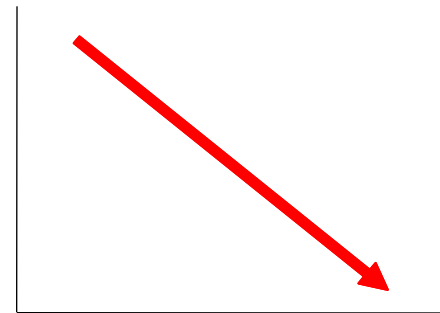
Rigidez



% asfalto

< Fisuración

Rigidez



% asfalto

## *Catálogo de soluciones (cont.)*

- Dilemas y **tentaciones!!!!**
  - “Secar” las mezclas para aumentar su rigidez
  - Pretender que **sólo** con el cambio de ligante (ligantes más duros, multigrados, modificados ó de “mayor PG”), puede resolverse el problema de una mezcla deformable (ej. mezclas densas con altos contenidos de arena silíceo ó con finos de mala calidad)
  - Considerar que buenos parámetros volumétricos (léase Marshall) **siempre** deben garantizar mezclas con buenos comportamientos mecánicos...**error!!!!**

## Catálogo de soluciones (cont.)

### ■ Portafolio de mezclas, **a priori**, “poco deformables”

Mezcla	Materiales	Sugerencias
<b>Densa ó semidensa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar agregados 100% de trituración</li> <li>Uso de ligantes duros CA 30 o CA 40 convencionales</li> <li>Opción: ligantes multigrados o modificados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificación de sensibilidad al cambio de ligantes mediante ensayos de rueda cargada (WTT) y/ó Hamburgo, que justifiquen el cambio (<b>ver próximas slides</b>)</li> </ul>
<b>Alto módulo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar agregados 100% de trituración</li> <li>Uso de ligantes duros pen 10-20 convencionales o modificados del tipo AM1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ajustar fórmula: % de asfalto óptimo puede variar si se utilizan ligantes convencionales o modificados</li> <li>Deben cubrirse con capa de rodamiento (tipo F10 ó SMA delgada)</li> </ul>
<b>MAC F10 CAC D12/19 SMA 12/19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar agregados 100% de trituración</li> <li>Uso de ligantes modificados</li> <li>Opción: ligantes multigrados o modificados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizarlas en baja espesor en combinación con bases resistentes al ahuellamiento</li> </ul>



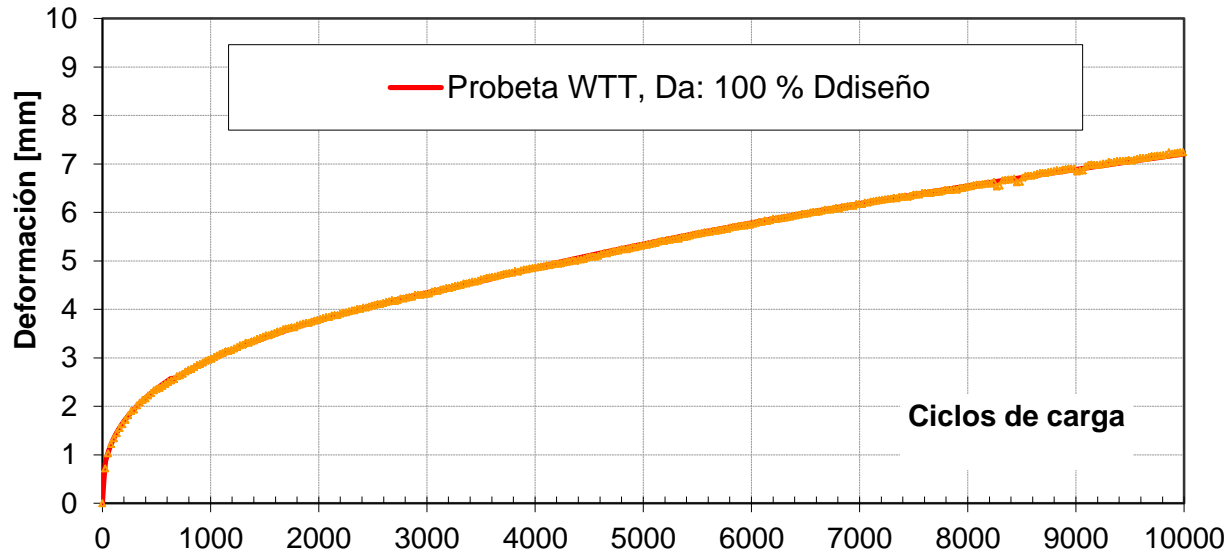
## Casos de estudio

- Caso 1 (2013)
  - Mezcla CAC S19 con ligante AC 30
  - Estabilidades >14!!!
  - Vacíos <3% a pesar de % bajos de ligante (4,5%)
  - Aspecto exudación en superficie! A pesar del bajo contenido de asfalto
  - Primer sospechoso...**EL ASFALTO!!!!**

Y entonces?????

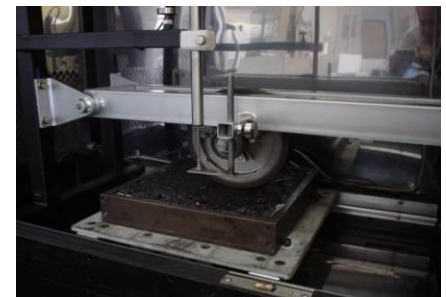
# Casos de estudio

## ■ Caso 1 (cont.): Evaluación WTT (EN 12697:22 vs. BS 598)



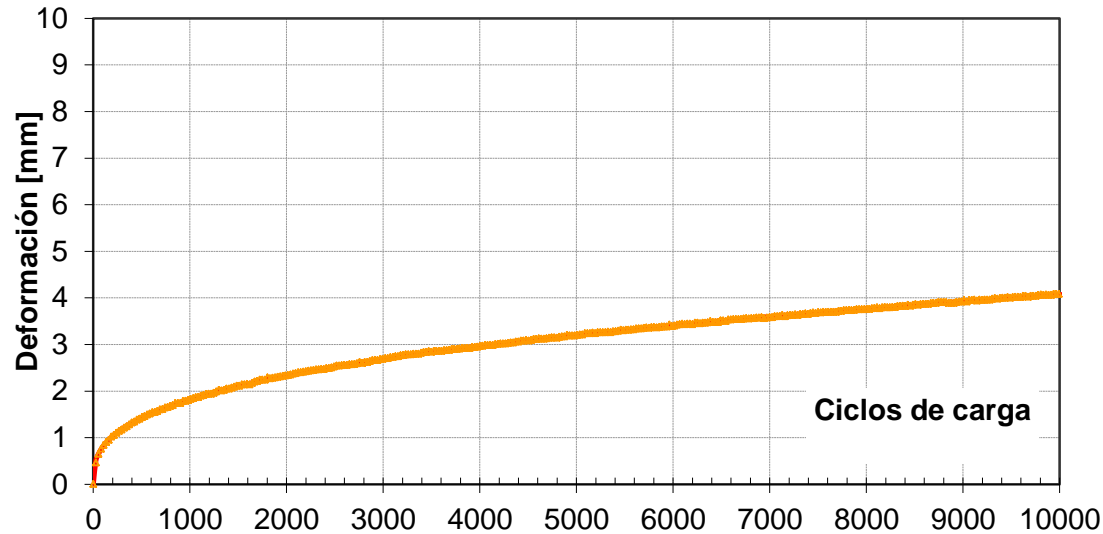
### Parámetros de Ahuellamiento de la línea de tendencia del promedio

	10000 ciclos		5000 ciclos	
	Profundidad huella (mm)	4,26	<b>7,21</b>	3,44
PRD <sub>10000</sub> [%]	8,52	14,41		
WTS <sub>10000</sub> [mm/10 <sup>3</sup> ciclos]	0,164	0,372		
Estabilidad Dinámica	12165	<b>5381</b>		



# Casos de estudio

## ■ Caso 1 (cont.): nueva formulación



**Valores de referencia:**  
60 ciclos (26,5/min),  
6hs ensayo, carga 705N, 60°C

**Parámetros de Ahuellamiento de la línea  
de tendencia del promedio**

	10000 ciclos	5000 ciclos
Profundidad huella (mm)	4,07	3,20
PRD <sub>10000</sub> [%]	8,14	
WTS <sub>10000</sub> [mm/10 <sup>3</sup> ciclos]	0,173	



- Caso 1 (cont.)

### Resultado:

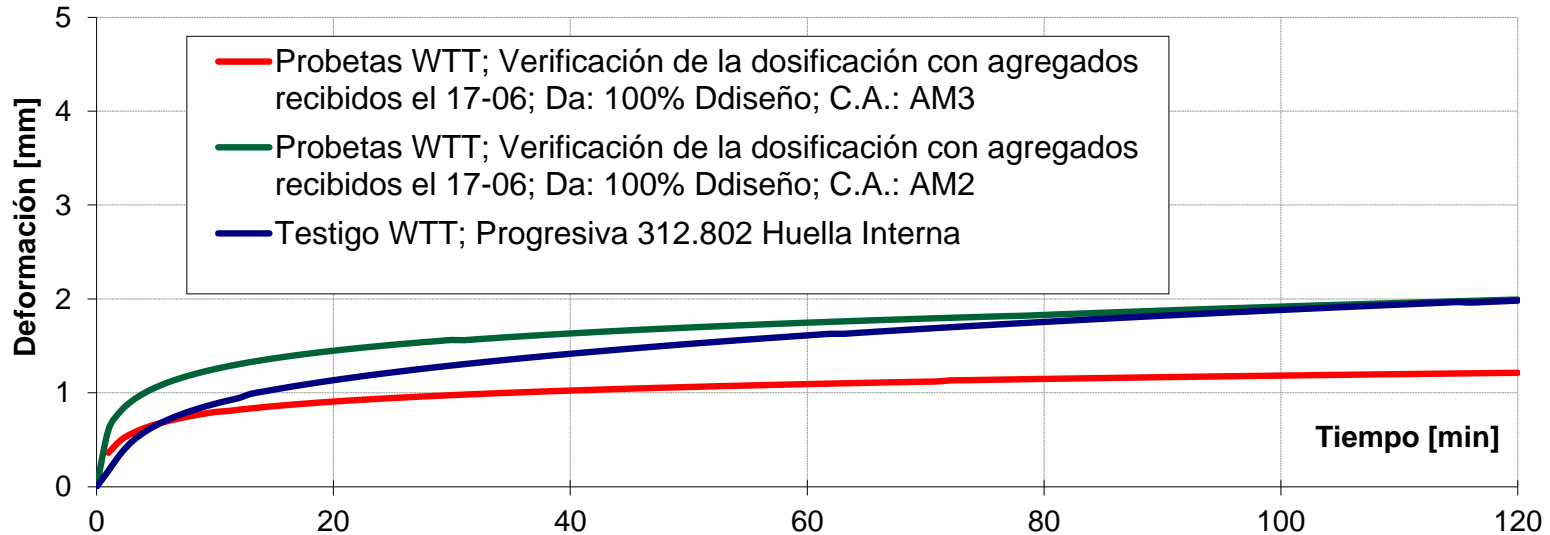
Verificación que la mejora en el comportamiento al ahuellamiento de la mezcla en este caso (sensibilidad), debía lograrse más por corrección granulométrica y cambio de la fracción fina que por las propiedades del asfalto.

## *Casos de estudio (cont.)*

- Caso 2 (2013)
  - Mezcla CAC S19 con ligante AM3
  - Evaluación comparativa de WTT (entre normas y vs. testigos)
  - Análisis de sensibilidad por cambio a AM2

# Casos de estudio (cont.)

## ■ Caso 2 (cont.): comparativa BS 598



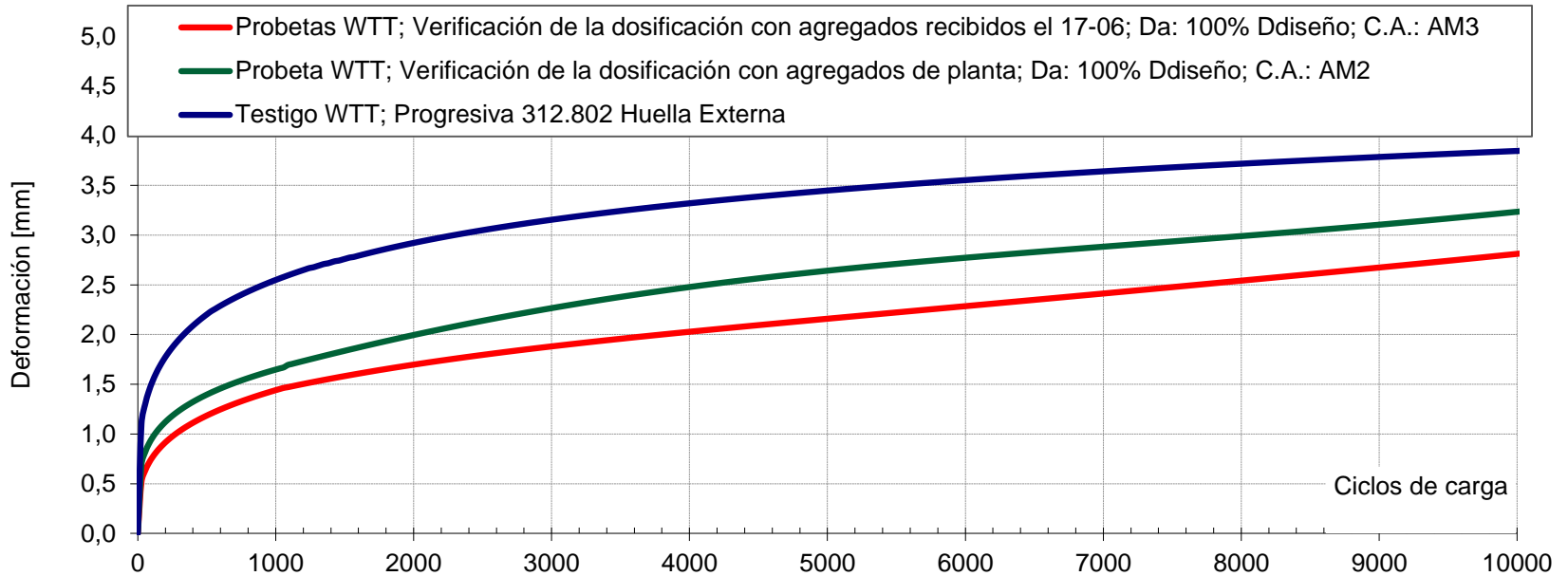
**Valores de referencia:  
42 pasadas,  
2hs ensayo, carga 520N, 60°C**

**Parámetros de Ahuellamiento de la línea de  
tendencia del promedio (120min)**

	AM3	AM2	Testigo con AM3
<b>Profundidad huella (mm)</b>	1,21	1,99	1,98
<b>Velocidad deformación</b>	0,0015	0,0029	0,004
<b>Estabilidad dinámica (&gt;8000)</b>	28769	14385	10500

# Casos de estudio (cont.)

## ■ Caso 2 (cont.): comparativa EN 12697:22



**Valores de referencia:  
60 ciclos (26,5/min),  
6hs ensayo, carga 705N, 60°C**

**Parámetros de Ahuellamiento de la línea de tendencia del promedio (10000 ciclos)**

	AM3	AM2	Testigo con AM3 HE
Prof. Huella $D_{10000}$ (mm)	2,81	3,23	3,85
PRD <sub>10000</sub> [%]	5,62	6,47	7,69
Pend. Ahuellam. $WTS_{10000}$ [mm/10 <sup>3</sup> ciclos]	0,13	0,119	0,08

## *Casos de estudio (cont.)*

### ■ Caso 2 (cont.)

#### **Resultado:**

validación de comportamiento por ambos métodos y correlación probetas de laboratorio vs. testigos.

Adicionalmente comprobar la baja sensibilidad de la mezcla al cambio de ligante y por consiguiente la posibilidad de optimizar la solución con el uso de AM2.

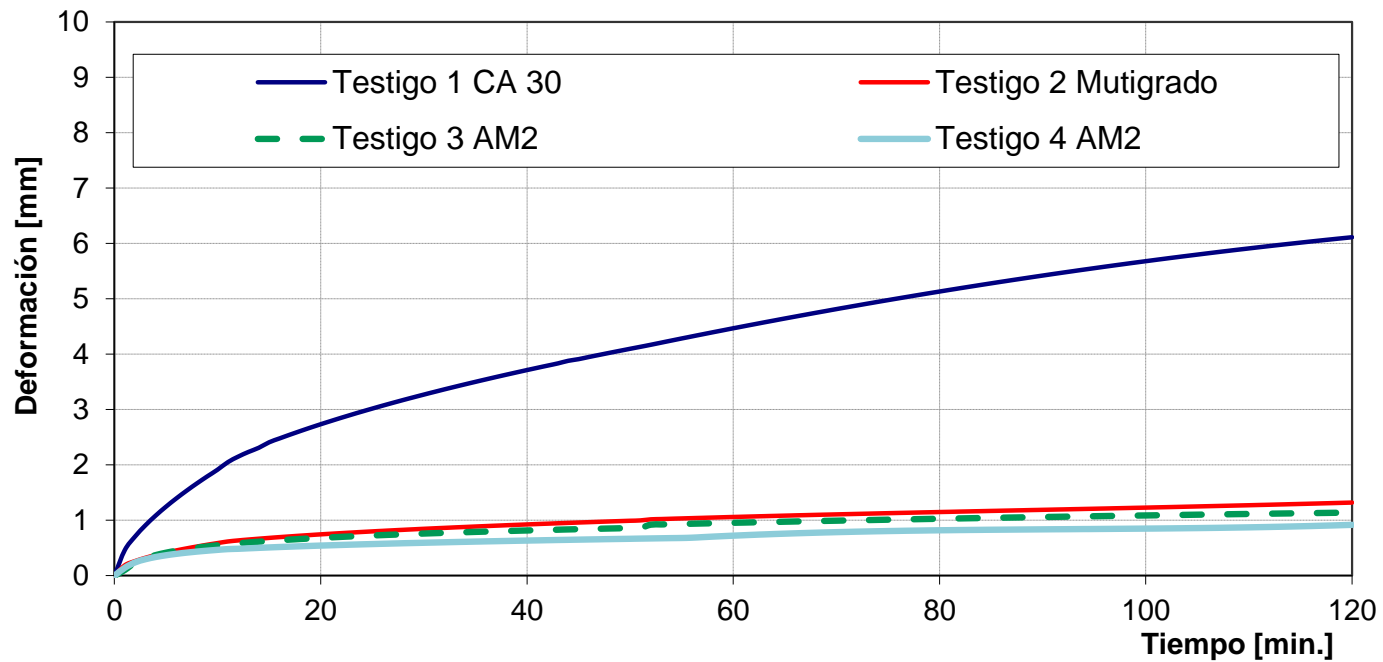


## Casos de estudio (cont.)

- Caso 3 (2009)
  - Mezcla CAC S19 con ligante CA 30 (alta deformabilidad)
  - Evaluación WTT (BS 598)
  - Análisis de sensibilidad por cambio a AM2 ó Multigrado debido a graves problemas de inestabilidad (microtextura del árido) **que fueron ya observados en el moldeo de probetas de WTT.**

## Casos de estudio (cont.)

### ■ Caso 3 (cont.)



## *Casos de estudio (cont.)*

### ■ Caso 3 (cont.)

### **Resultado:**

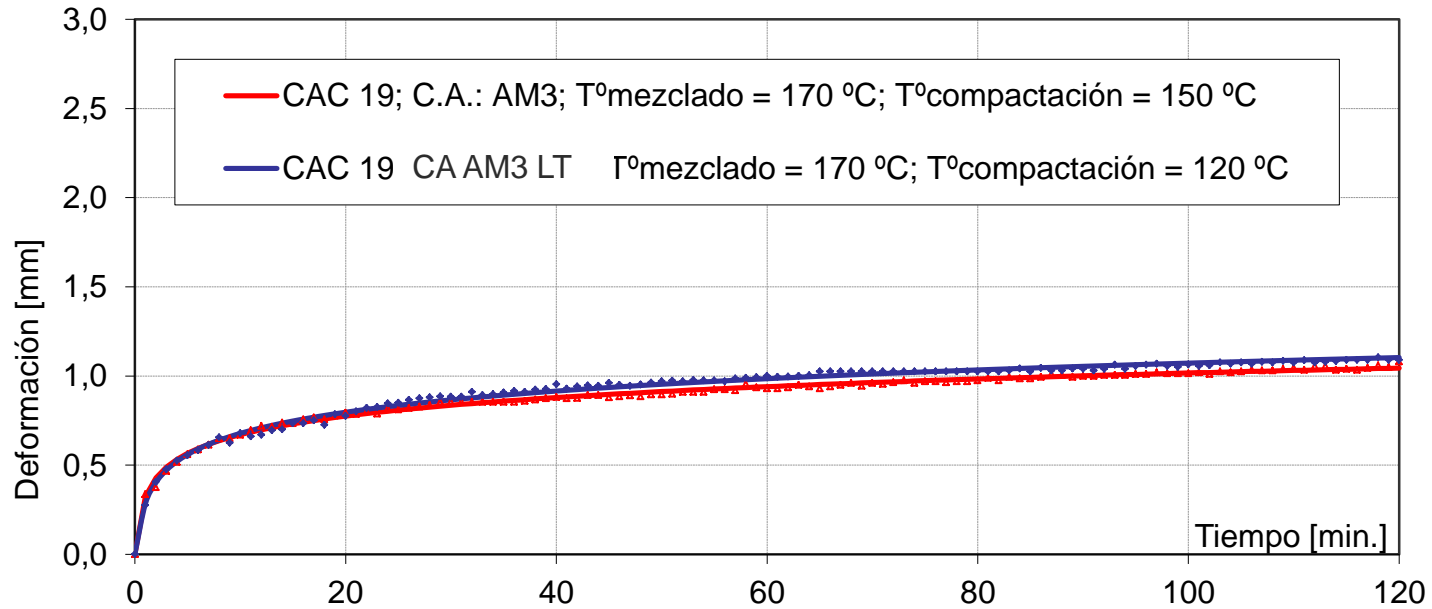
Se comprobó la alta sensibilidad de la mezcla al cambio de ligante, adoptándose el uso de AM2 debido a la imposibilidad de mejorar la calidad del árido disponible.

## *Casos de estudio (cont.)*

- Caso 4 (2011)
  - Mezcla CAC S19 con ligante AM3
  - Evaluación WTT (BS 598) y Hamburgo test
  - Análisis de sensibilidad por cambio a AM3 LT

# Casos de estudio (cont.)

## ■ Caso 4 (cont.)



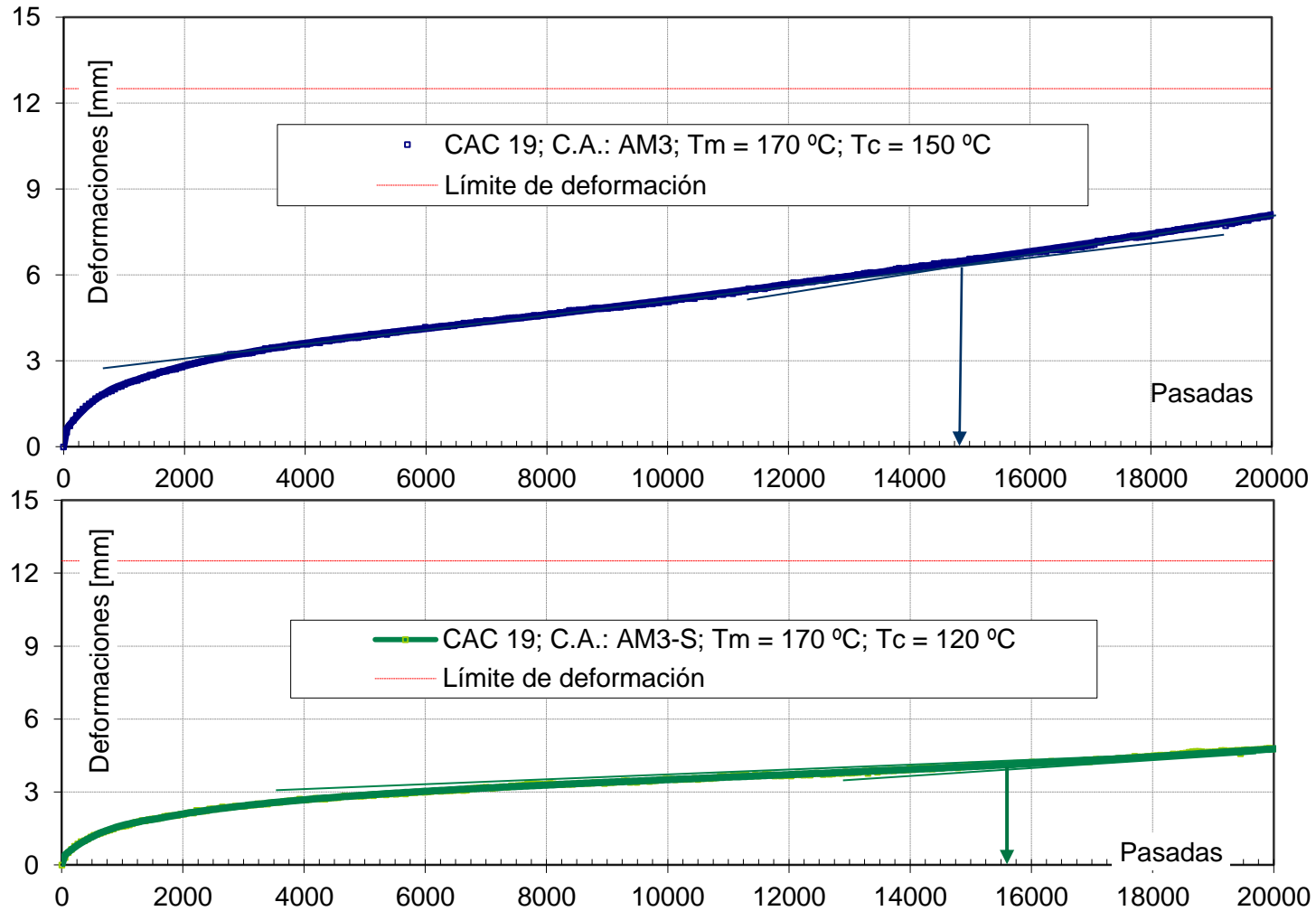
**Valores de referencia:**  
**42 pasadas,**  
**2hs ensayo, carga 520N, 60°C**

**Parámetros de Ahuellamiento de la línea  
de tendencia del promedio (120min)**

	AM3	AM3 LT
Profundidad huella (mm)	1,1	1,2
Estabilidad dinámica (>8000)	31370	27558

## Casos de estudio (cont.)

### ■ Caso 4 (cont.): Comparativa Hamburgo Test



## *Casos de estudio (cont.)*

- Caso 4 (cont.)

### **Resultado:**

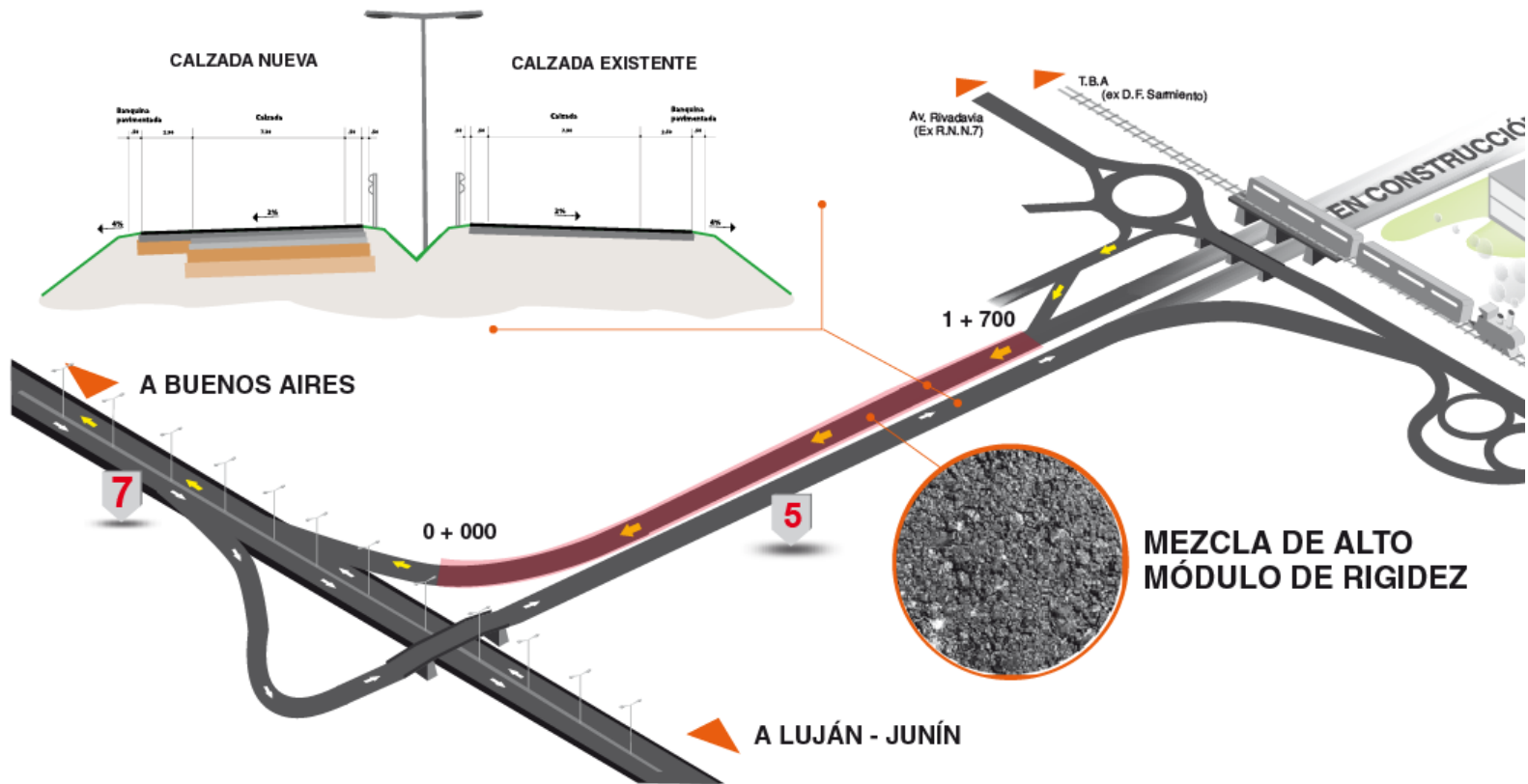
Validación de la mezcla a las deformaciones permanentes comprobando la baja sensibilidad de la misma al cambio de ligante por el uso de AM3 LT vía WTT y Hamburgo.



# Casos de estudio (cont.)

## ■ Caso 5 (2007-2008)

- Solución “integral”: Mezcla CAC S19 AM con MAC F10





## Casos de estudio (cont.)

### ■ Caso 5 (cont.): WTT (BS) y macrotextura s/testigos (2012)

Capa	MAC F10+ 1ra capa de MAM			
Prog.	1,600	1,300	600	500
Profundidad de huella [mm]	0.91	0.85	0.73	0.83
Estabilidad dinámica [pasadas/mm]	21,232	16,591	22,500	17,027

Prog.	Carril I	Huella	Promedio textura [h; mm]
1,600	I	Izquierda	0.8
	II	Derecha	1.0
1,300	I	Izquierda	1.0
	II	Derecha	0.9
600	I	Izquierda	0.8
	II	Derecha	1.1
500	I	Izquierda	0.8
	II	Derecha	0.8



## *Casos de estudio (cont.)*

- Caso 5 (cont.)

### **Resultado:**

Validación del comportamiento de la solución tanto desde el punto de vista de las deformaciones como el de la esperada mejor contribución estructural

# ***Soluciones para tratar el ahuellamiento: alternativas y casos de estudio***

## ■ Conclusiones

- Existe vasta experiencia en la realización de comprobaciones al ahuellamiento por diferentes métodos, tanto en la etapa de diseño, como en la determinación de correlaciones mediante análisis de testigos.
- Es importante determinar que grado de sensibilidad tiene la mezcla analizada al cambio de ligante, para justificar la adopción del grado o tipo de asfalto correcto /conveniente.
- Existe una amplia gama de productos y tecnologías que permitirían abordar soluciones confiables para hacer frente al potencial problema de ahuellamiento.



PRE-XVII CONGRESO ARGENTINO  
de Vialidad y Tránsito

8º EXPOVIAL ARGENTINA

3 AL 6 DE NOVIEMBRE 2014

HOTEL PANAMERICANO - Buenos Aires, Argentina



**Soluciones para tratar el ahuellamiento:  
alternativas y casos de estudio**

**Muchas gracias!**

X CONGRESO INTERNACIONAL ITS

X SIMPOSIO DEL ASFALTO

II SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN



[www.congresodevialidad.org.ar](http://www.congresodevialidad.org.ar)