



PRE-XVII CONGRESO ARGENTINO  
**de Vialidad y Tránsito**

8º EXPOVIAL ARGENTINA

3 AL 6 DE NOVIEMBRE 2014

HOTEL PANAMERICANO - Buenos Aires, Argentina



# Rehabilitación Ruta 24 de Uruguay mediante la aplicación de una capa adherida de hormigón con fibras sintéticas estructurales empleando Tecnología de Alto Rendimiento

X CONGRESO INTERNACIONAL ITS  
X SIMPOSIO DEL ASFALTO



II SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

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



# Rehabilitación Ruta 24 de Uruguay mediante la aplicación de una capa adherida de hormigón con fibras sintéticas estructurales empleando Tecnología de Alto Rendimiento

**Portland Cement Inlay / Overlay Thickness Design**  
Version 1.0-1, August 1, 2010

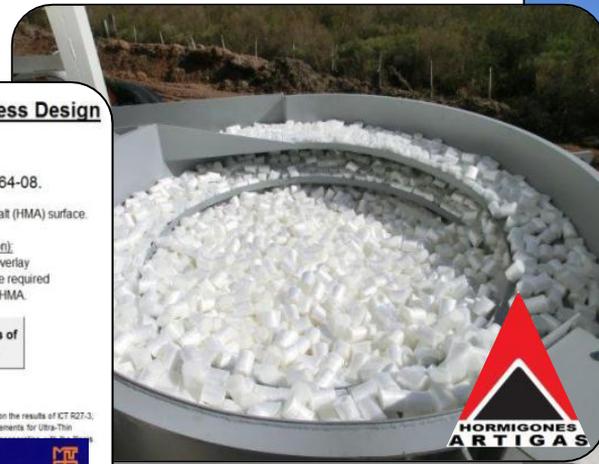
Use of this treatment shall be according to Bureau of Design and Environment Procedure Memorandum 64-08.

There are two options for designing a PCC inlay/overlay on a pavement with a hot-mix asphalt (HMA) surface.

<p><b>Option 1 (Left Button)</b> Specify the underlying HMA thickness and determine the required PCC inlay/overlay thickness.</p> <p><b>Required Thickness of PCC Inlay / Overlay</b></p>	<p><b>Option 2 (Right Button)</b> Specify the PCC inlay/overlay thickness and determine the required thickness of underlying HMA.</p> <p><b>Required Thickness of Underlying HMA</b></p>
---	--

**Acknowledgements**  
The Illinois Center for Transportation (ICT) is an innovative partnership between the Illinois Department of Transportation (IDOT) and the University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC).

**Disclaimer**  
The contents of this spreadsheet are based on the results of ICT R27-3, "Design and Concrete Materials Requirements for Ultra-Thin White-topping," ICT Center for Transportation, Division of Highways, Federal Highway Administration. The data and calculations were developed for all conditions and guidelines.

Logos for the organizing institutions: Universidad de Uruguay, Universidad de Buenos Aires, and Universidad de Chile.



## Contenido

- Ubicación del proyecto
- Licitación
- Antecedentes
- Diseño
- Actuaciones proyectadas
- Análisis de la calzada
- Preparación de la superficie
- Puesta en obra
- Evaluaciones
- Obtención de la calidad
- Incorporación de fibras en el hormigón
- Agradecimientos

## Ubicación del proyecto



**Longitud del tramo 1 (contrato inicial):  
21,600 km. (2011 – 2012)**



**Longitud del tramo 2 (ampliación):  
27,300 km. (2013)**

- ❑ Importante transito forestal y granelero.
- ❑ Corredor que conecta con los puertos ubicados sobre las márgenes del Río Uruguay.
- ❑ Vía de acceso producción forestal a las plantas de procesamiento ubicadas en las proximidades de Fray Bentos.



## Datos relevantes

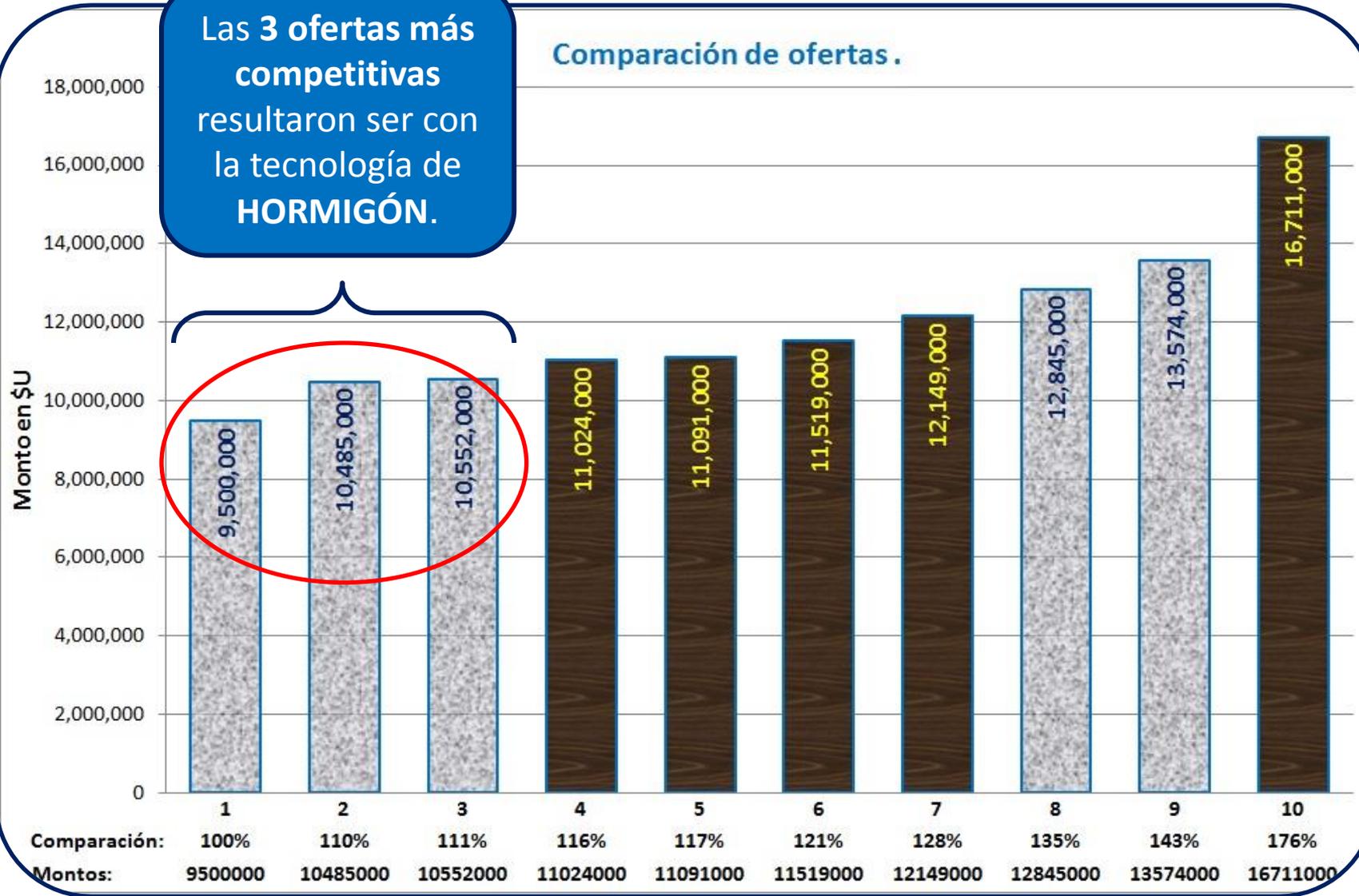
- ❑ El pliego habilita dos alternativas de rehabilitación
  - **Hormigón** con fibras estructurales, adherido a la mezcla asfáltica existente.
  - **Mezcla asfáltica**, con mayores exigencias contra el ahuellamiento.
  
- ❑ Premio por mejoramiento en el valor de **IRI**
  - Recepción:  $IRI \leq 2,8$  m/km.
  - Premio:  $IRI \leq 2,0$  m/km.
  
- ❑ Suministro de prensa apropiada para la medición de la resistencia residual de acuerdo a la norma ASTM 1609-07.



# Comparación de ofertas

Las 3 ofertas más competitivas resultaron ser con la tecnología de **HORMIGÓN**.

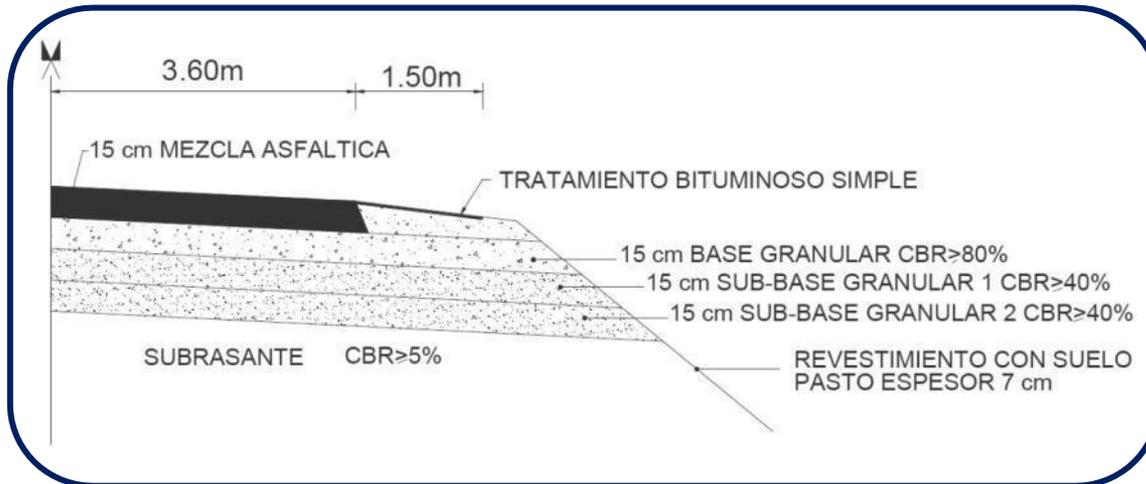
Comparación de ofertas .



Comparación:	100%	110%	111%	116%	117%	121%	128%	135%	143%	176%
Montos:	9500000	10485000	10552000	11024000	11091000	11519000	12149000	12845000	13574000	16711000

## Antecedentes

- ❑ Proyecto año 1998. Ejecución años 1999 y 2000
- ❑ Vida de diseño: 10 años
- ❑ Estructura y geometría
  - 45 cm de bases y sub bases granulares
  - 15 cm de concreto asfáltico



**Pavimentación con concreto asfáltico. Mayo de 2000.**

- ❑ Mantenimiento de rutina en la última década
- ❑ Intervenciones mayores consistentes en regularización de deformaciones transversales (fresado de huellas) y bacheos parciales en los últimos años.

## Antecedentes

- ❑ Situación antes de la obra



## Antecedentes

- ❑ Obra experimental previa en Montevideo en marzo de 2010.
  - Ejecución y seguimiento de tramo experimental en Av. Mendoza.



- Tramo 1:
  - espesor: 8 cm
  - losas: 1,00 m x 1,00 m
- Tramo 2:
  - espesor: 10 cm
  - losas: 1,33 m x 1,33 m



- Longitud: 400 m
- Ancho: 8,00 m
- Macrofibra: 2,5 Kg/m<sup>3</sup>
- Microfibra: 0,6 Kg/m<sup>3</sup>



## Diseño

### ☐ Método de diseño

### Portland Cement Concrete Inlay / Overlay Thickness Design

Version 1.0, August 1, 2008

Use of this treatment shall be according to  
Bureau of Design and Environment Procedure Memorandum 64-08.

There are two options for designing a PCC inlay/overlay on a pavement with a hot-mix asphalt (HMA) surface.

Option 1 (Left Button):

Specify the underlying HMA thickness  
and determine the required PCC  
inlay/overlay thickness.

**Required Thickness of  
PCC Inlay / Overlay**

Option 2 (Right Button):

Specify the PCC inlay/overlay  
thickness and determine the required  
thickness of underlying HMA.

**Required Thickness of  
Underlying HMA**

Acknowledgements

The Illinois Center for Transportation (ICT) is an  
innovative partnership between the Illinois  
Department of Transportation (IDOT) and the  
University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC).

Disclaimer

The contents of this spreadsheet are based on the results of ICT  
R27-3, "Design and Concrete Materials Requirements for Ultra-Thin  
Whitopping." ICT R27-3 was conducted in cooperation with the  
Illinois Center for Transportation; the Illinois Department of  
Transportation, Division of Highways; and the U.S. Department of  
Transportation, Federal Highway Administration. The author(s) of  
the contents of this spreadsheet is (are) responsible for the facts  
and the accuracy of the data and calculations presented herein. The  
contents have been developed for Illinois use based on Department  
input regarding Illinois conditions and materials, as well as  
Department specifications and guidelines, which may not produce  
valid results for others.





## Diseño

- El método determina el espesor de hormigón adherido a colocar

PCC Inlay / Overlay Design Sheet, Required Thickness of PCC

Help

Design Traffic Factor (BDE Manual, Figure 54-4C)	<i>TF</i>	15.00	
Modulus of Rupture (3-point bending, 14-day average)	<i>MOR</i>	725	psi
FRC Residual Strength Ratio	<i>R<sub>1%<sup>10</sup></sub></i>	20%	
Remaining Thickness of Asphalt	<i>h<sub>ac</sub></i>	4.7	in.
Joint Spacing	<i>L</i>	70.86614173	in.
Elastic Modulus of Concrete	<i>E<sub>c</sub></i>	4,205,000	psi
Coefficient of Thermal Expansion	<i>CTE</i>	5.28E-06	in./in./°F
Elastic Modulus of Asphalt	<i>E<sub>AC</sub></i>	145,000	psi
Modulus of Subgrade Reaction	<i>k</i>	99.36	pci
Thickness of Concrete	<i>h<sub>c</sub></i>	5.92	in.

Solved

Compute Concrete Thickness

**Default Inputs**

Variable	Default Value
<i>MOR</i>	750 psi (Note 1)
<i>R<sub>1%<sup>10</sup></sub></i>	0% (w/o fiber reinforcement)
	20% (w/ fiber reinforcement)
<i>L</i>	48 in. or 72 in.
<i>E<sub>c</sub></i>	3,600,000 psi
<i>CTE</i>	5.50 x 10 <sup>-6</sup> in./in./°F
<i>E<sub>AC</sub></i>	100,000 psi (poor)
	350,000 psi (moderate)
	600,000 psi (good)
<i>k</i>	100 pci

Note 1: The design MOR is the mean design strength, not the minimum 550 psi flexural strength (center-point loading) specified for opening to traffic. Also note that as MOR increases the risk of debonding increases and the effectiveness of synthetic fibers decreases.



## Diseño

### Espeor mínimo de mezcla asfáltica remanente

#### PCC Inlay / Overlay Design Sheet, Required Thickness of HMA

Design Traffic Factor (BDE Manual, Figure 54-4C)	<i>TF</i>	15.00		<b>Help</b>
Modulus of Rupture (3-point bending, 14-day average)	<i>MOR</i>	725	psi	
FRC Residual Strength Ratio	<i>R<sub>150</sub><sup>150</sup></i>	20%		<b>Compute Asphalt</b>
Required Asphalt Thickness	<i>h<sub>ac</sub></i>	<b>4.72</b>	in.	
		<b>Solved</b>		
Joint Spacing	<i>L</i>	70.8661417	in.	
Elastic Modulus of Concrete	<i>E<sub>c</sub></i>	4,205,000	psi	
Coefficient of Thermal Expansion	<i>CTE</i>	5.28E-06	in./in./°F	
Elastic Modulus of Asphalt	<i>E<sub>AC</sub></i>	145,000	psi	
Modulus of Subgrade Reaction	<i>k</i>	99.36	pci	
Desired Concrete Thickness	<i>h<sub>c</sub></i>	5.9	in.	

#### Default Inputs

Variable	Default Value
<i>MOR</i>	750 psi (Note 1)
<i>R<sub>150</sub><sup>150</sup></i>	0% (w/o fiber reinforcement)
	20% (w/ fiber reinforcement)
<i>L</i>	48 in. or 72 in.
<i>E<sub>c</sub></i>	3,600,000 psi
<i>CTE</i>	5.50 x 10 <sup>-6</sup> in./in./°F
<i>E<sub>AC</sub></i>	100,000 psi (poor)
	350,000 psi (moderate)
	600,000 psi (good)
<i>k</i>	100 pci

Note 1: The design MOR is the mean design strength, not the minimum 550 psi flexural strength (center-point loading) specified for opening to traffic. Also note that as MOR increases the risk of debonding increases and the effectiveness of synthetic fibers decreases.



## Diseño

- ❑ Variables que considera el método
  - 1) Tránsito (TF)
  - 2) Resistencia a la flexión del hormigón (MOR)
  - 3) % de la tensión residual, (R150,150)
  - 4) Separación entre juntas (L)
  - 5) Módulo Elástico del hormigón ( $E_c$ )
  - 6) Coeficiente de Expansión Térmica del Hormigón (CTE)
  - 7) Módulo Elástico del Asfalto ( $E_{ac}$ )
  - 8) Módulo de Reacción de la Subrasante ( $k$ )
  - 9) Espesor de asfalto remanente

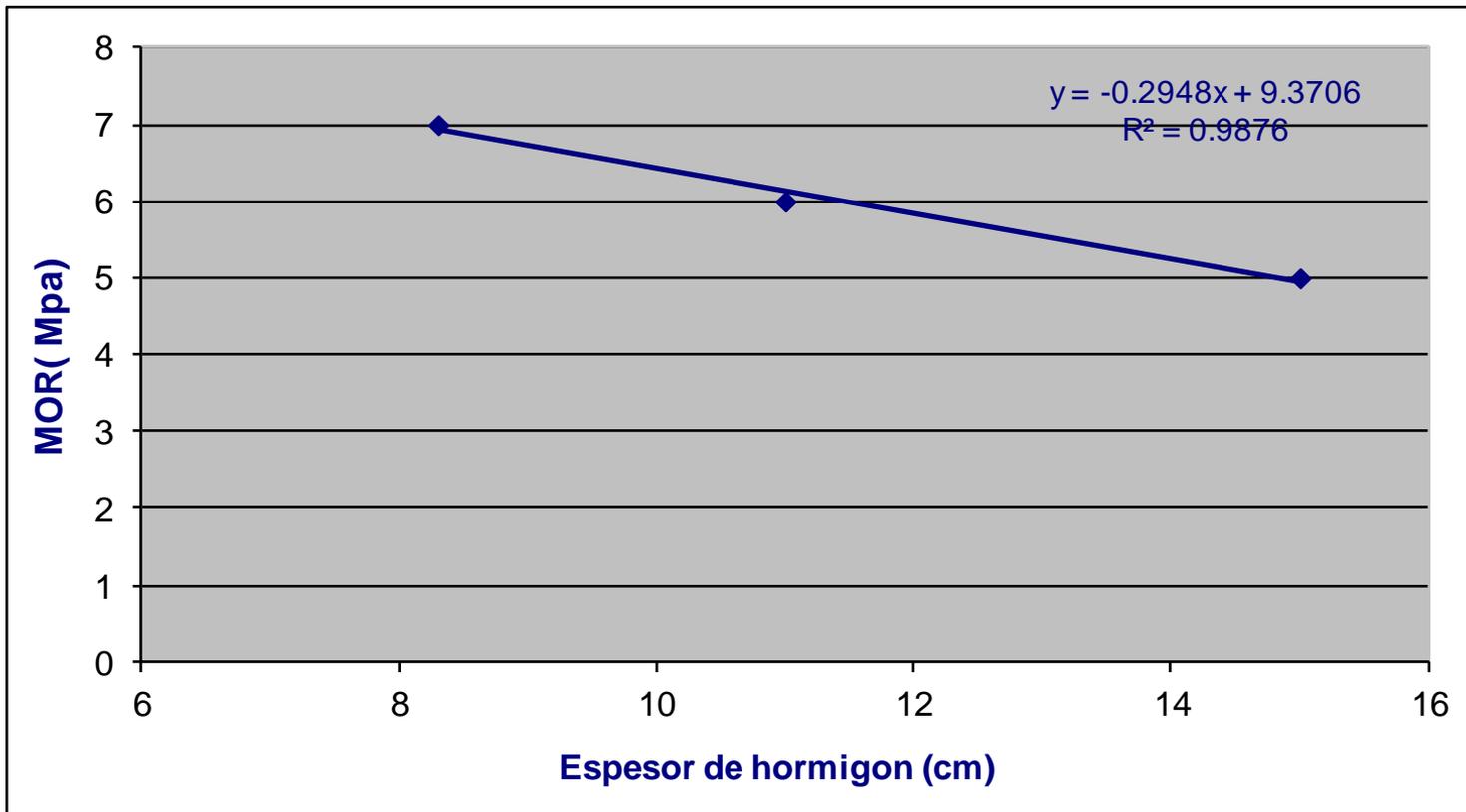


## Diseño

- ❑ Variables que considera el método
  - 1) Tránsito (TF)
  - 2) **Resistencia a la flexión del hormigón (MOR)**
  - 3) **% de la tensión residual, (R150,150)**
  - 4) **Separación de juntas transversales (L)**
  - 5) Módulo Elástico del hormigón ( $E_c$ )
  - 6) Coeficiente de Expansión Térmica del Hormigón (CTE)
  - 7) **Módulo Elástico del Asfalto ( $E_{ac}$ )**
  - 8) Módulo de Reacción de la Subrasante ( $k$ )
  - 9) Espesor de asfalto remanente

## Diseño

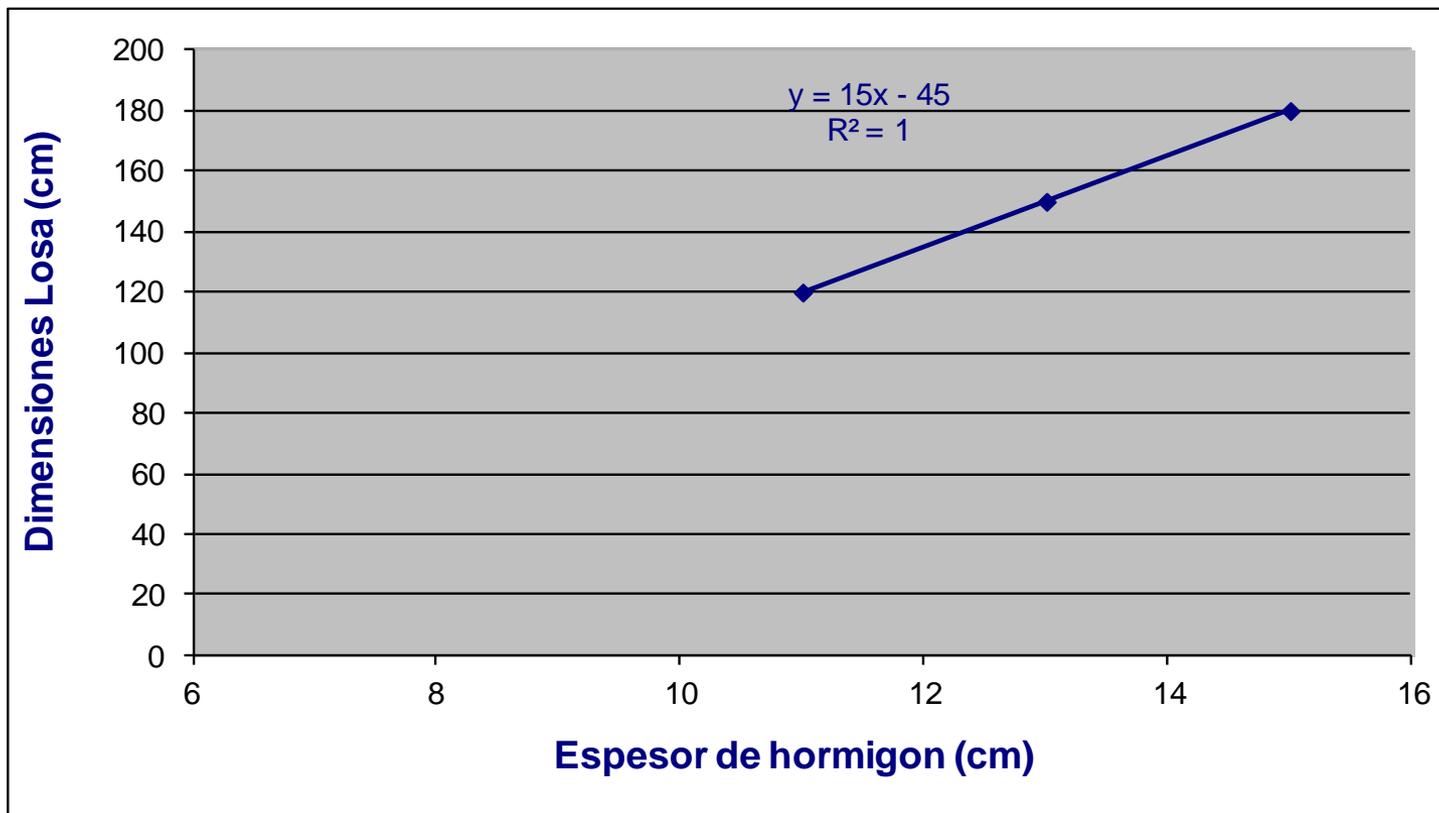
### □ Variación de hc vs. MOR



➤ Variación del 10 % en MOR varía 2 cm el hc

## Diseño

### □ Variación de hc vs. L

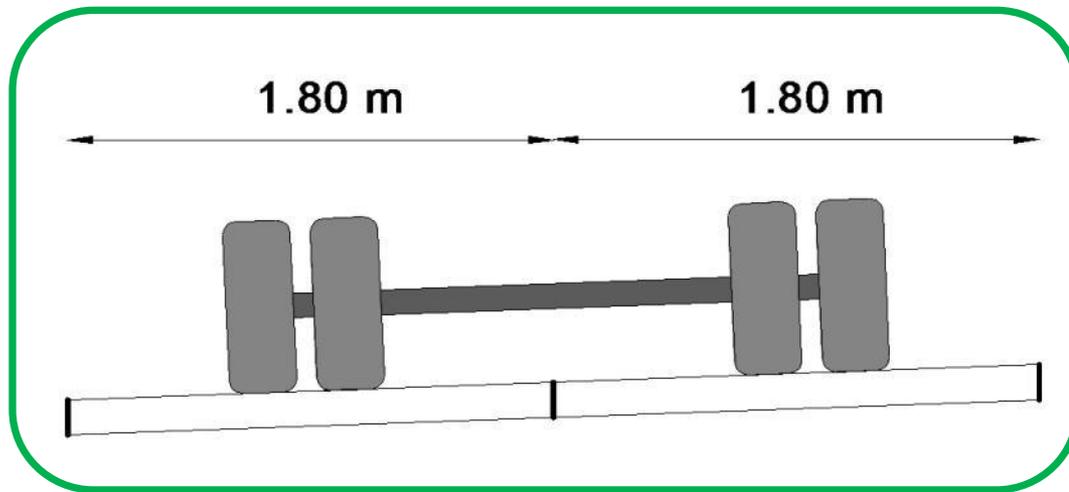


➤ Variación del 14% en L varía 2cm el hc

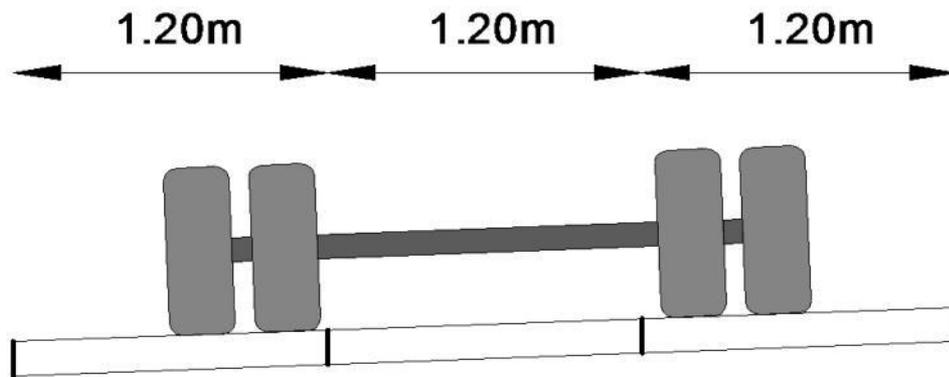
## Diseño

❑ Separación entre juntas

➤ Alternativa 1  
losas 1,80 m × 1,80 m



➤ Alternativa 2  
losas 1,20 m × 1,20 m



## Diseño

- ❑ Tramo de prueba



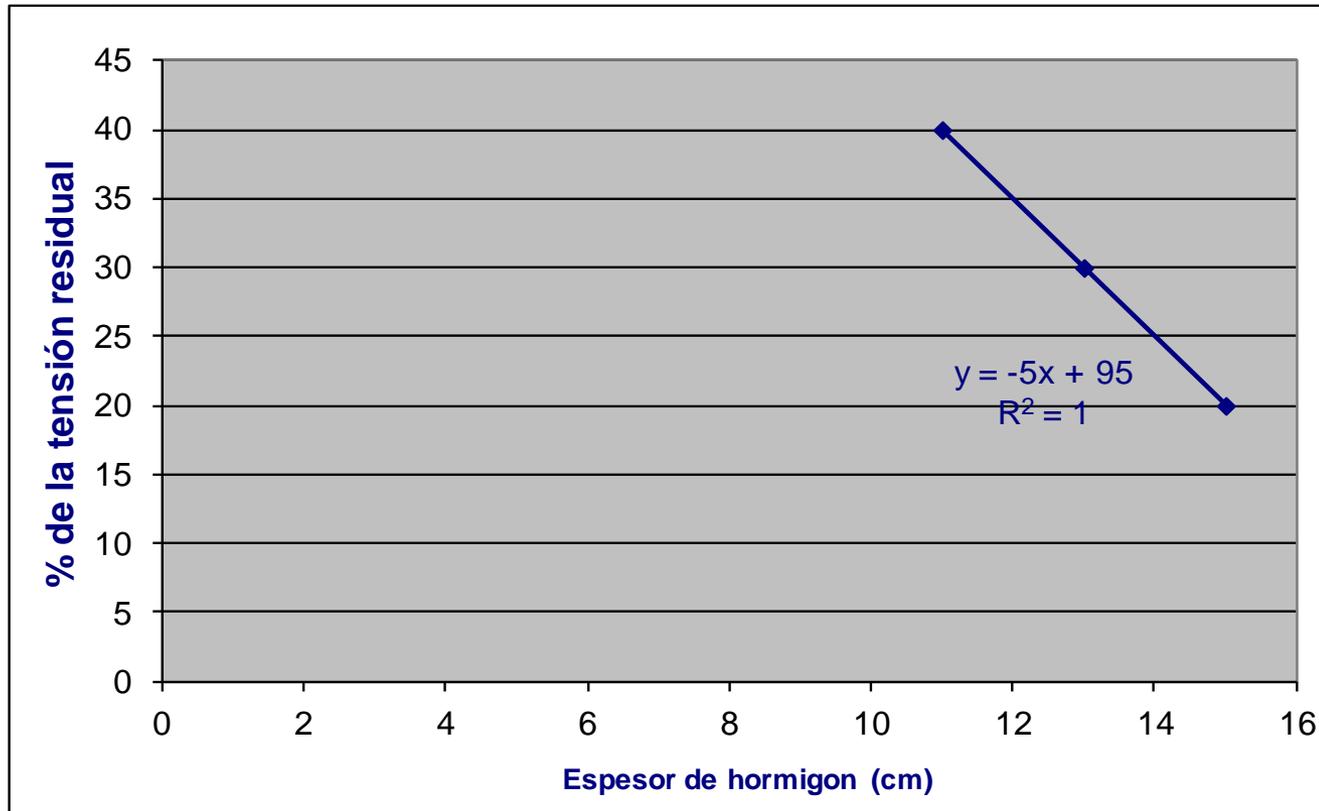
## Tránsito 2.500.000 a 3.000.000 EE

- ❑ Pesaje obligatorio 19km000 (pesaje estático)
- ❑ Puesto de conteo 10km800 (pesaje dinámico)



## Diseño

### ☐ Variación de hc vs. R150,150



➤ Variación del 50 % R150,150 varía 2cm el hc



## Diseño

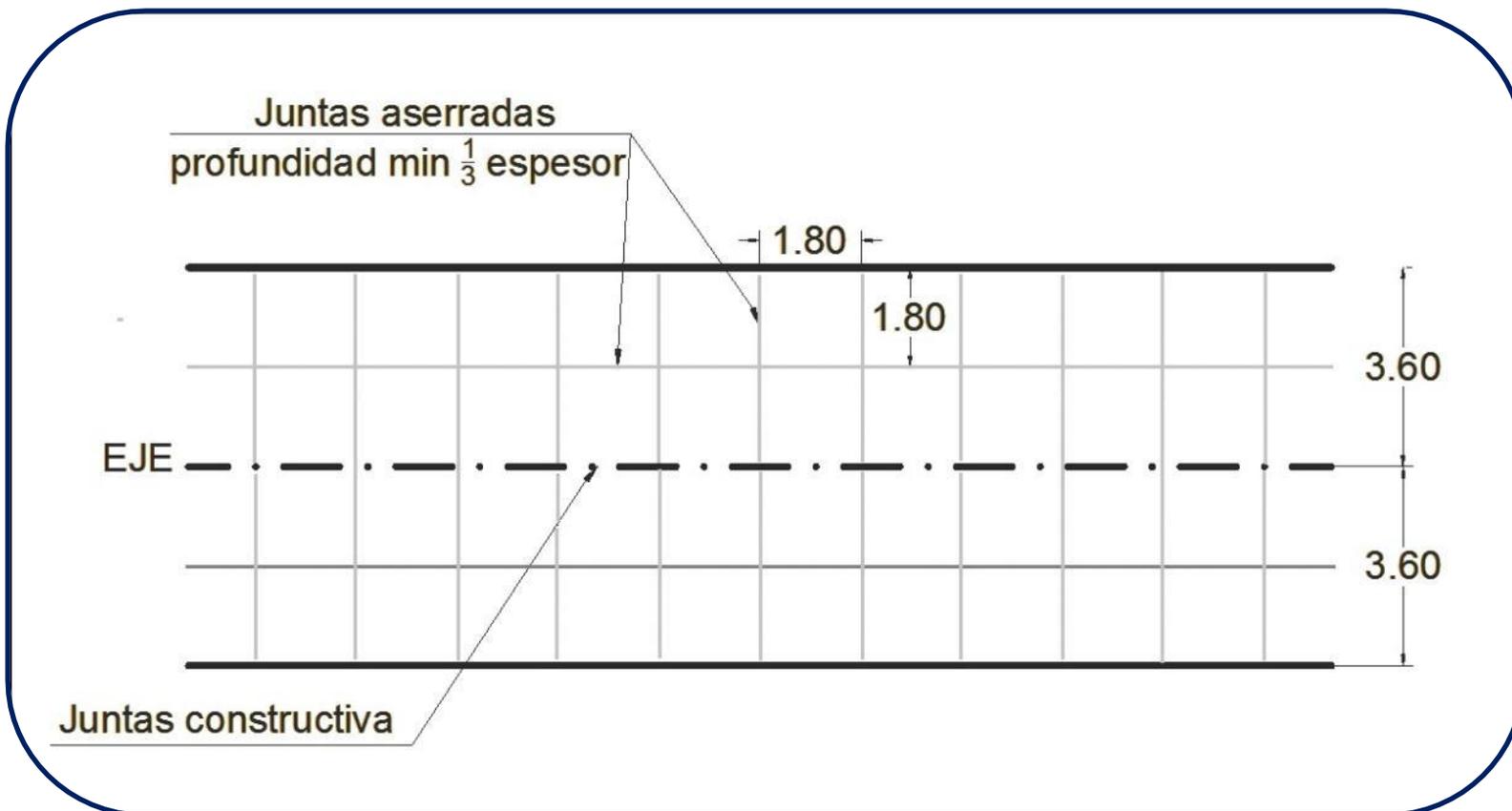
### ☐ Valores asignados a las variables

1)	Tránsito (TF)	15.000.000 EE
2)	Resistencia a la flexión del hormigón (MOR)	5MPa
3)	% de la tensión residual, (R150,150)	20%
4)	Separación de juntas transversales (L)	180cm
5)	Módulo Elástico del hormigón (Ec)	4.205.000 psi
6)	Coefficiente de Expansión Térmica del Hormigón (CTE)	5.2 E-06 in/in/°F
7)	Módulo Elástico del Asfalto (Eac)	145.000 psi
8)	Módulo de Reacción de la Subrasante (k)	100 pci
9)	Espesor de asfalto remanente	12cm

## Diseño

### □ Diseño adoptado

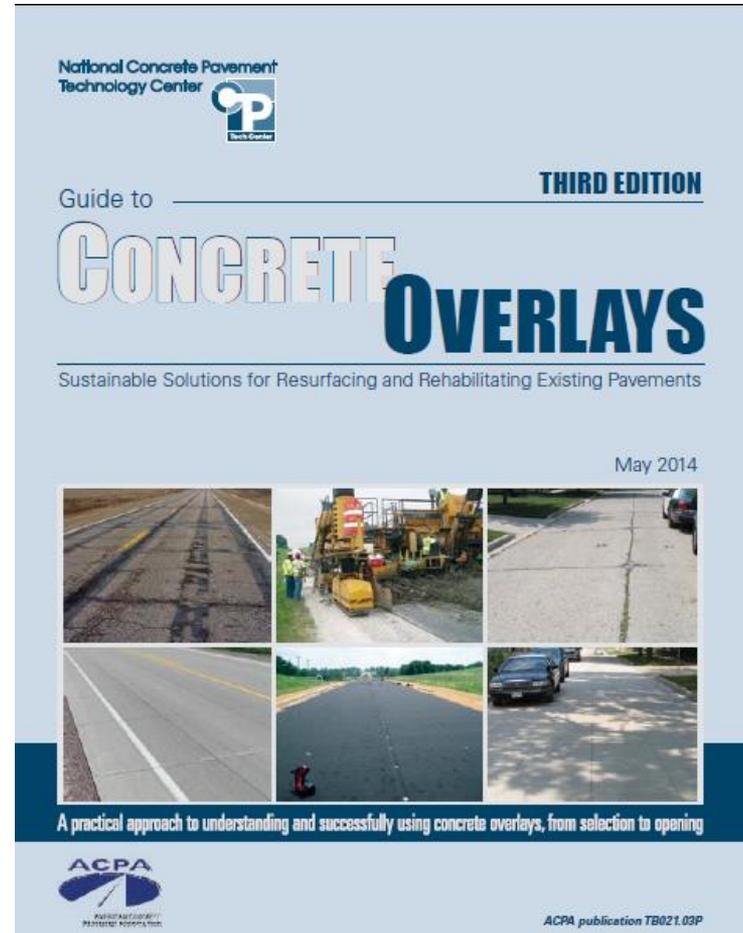
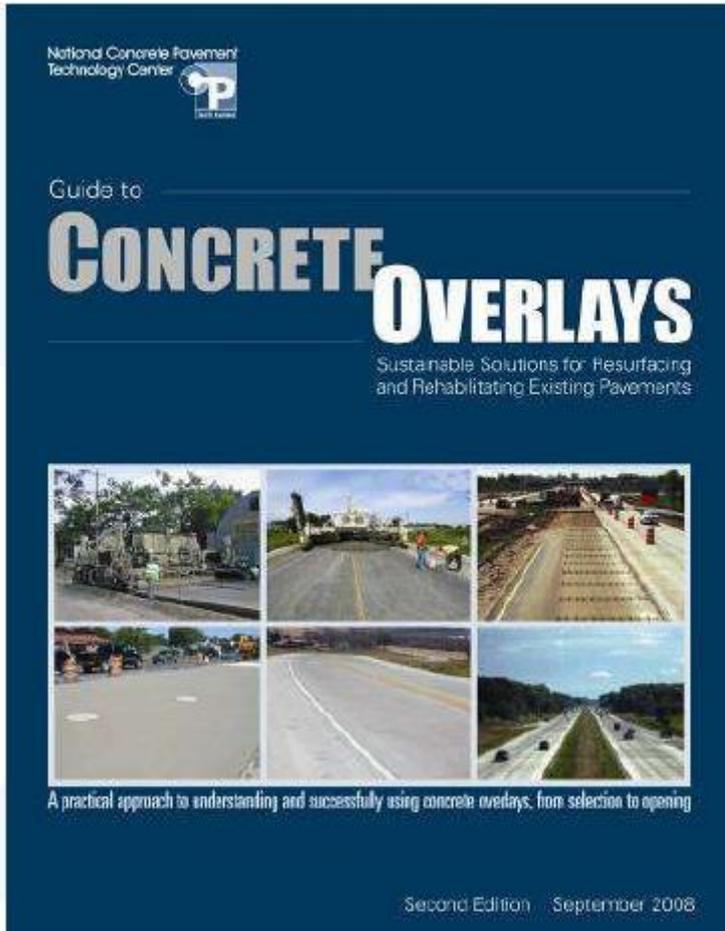
- Espesor de hormigón  $h_c=15\text{cm}$
- Espesor de MA remanente  $E_{ac}=12\text{cm (min)}$





## Diseño

### ☐ Guía para la Ejecución



*A product of the National Concrete Pavement Technology Center (CP Tech Center)*



## Actuaciones proyectadas

### Bacheo

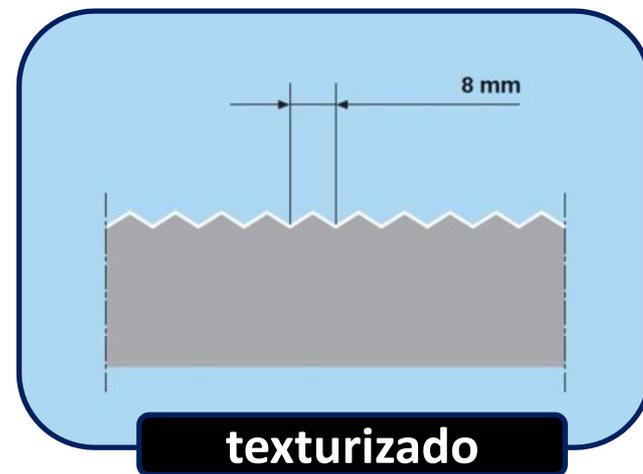
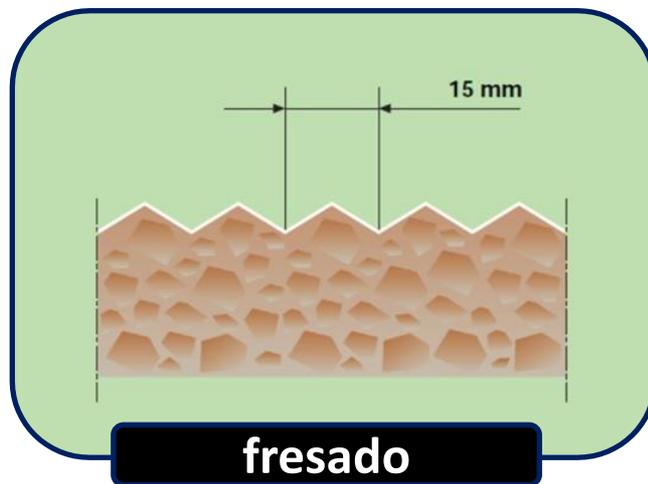
- Los baches se pueden realizar con Mezcla Asfáltica siempre que se realice tiempo antes de comenzar las obras de hormigonado.
- Si el bache se realiza en hormigón, los lados del bache deberán, estar en correspondencia con las juntas que se ejecutarán en el recapado de hormigón, de esta manera se aísla la zona del bache del resto del pavimento.
- En el caso de realizarse en hormigón pueden ejecutarse en el espesor total o primero el bache y luego WT siempre garantizando la adherencia entre ambos.

## Actuaciones proyectadas

### Tareas previas al hormigonado

□ Por la importancia que tiene el garantizar una buena adherencia entre hormigón y mezcla asfáltica, es que se deben realizar las siguientes tareas previas al hormigonado:

- Fresado o Texturizado

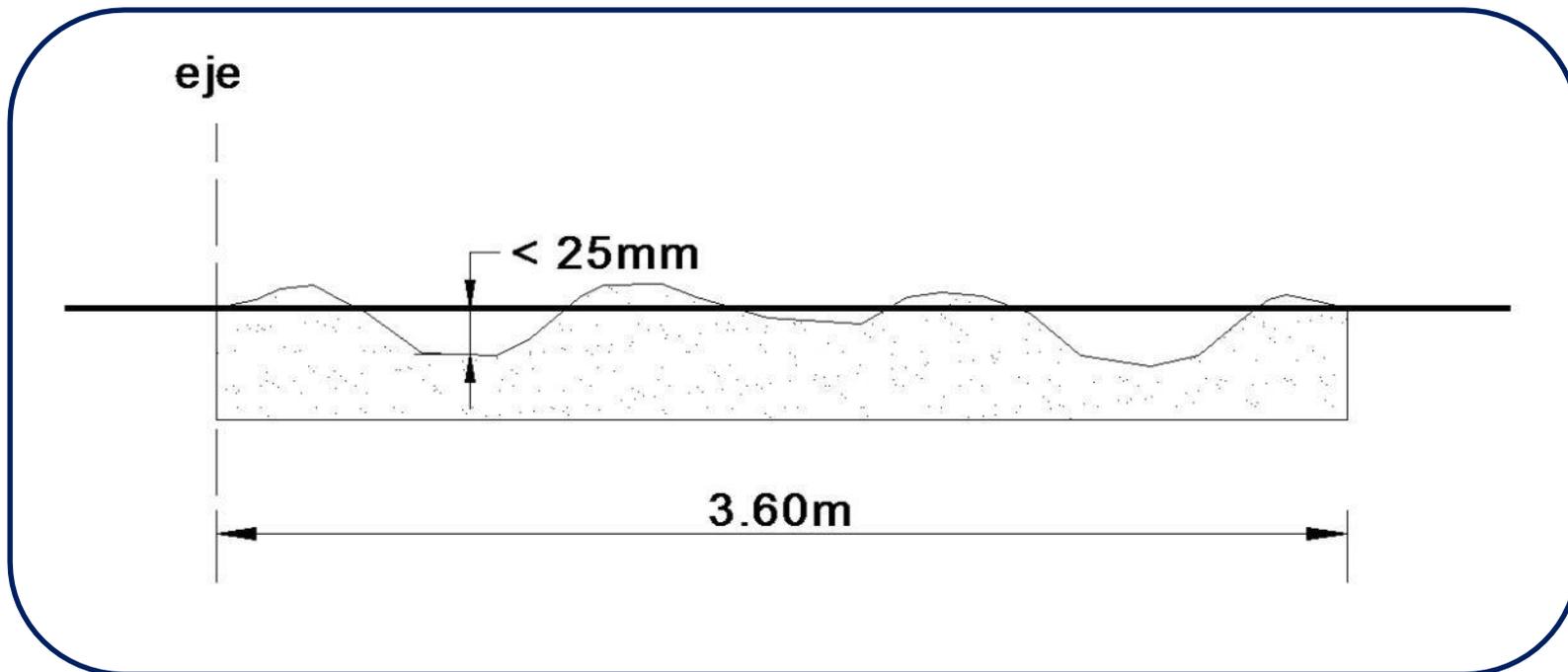


- Hidrolavado a presión
- Barrido con aire comprimido

## Actuaciones proyectadas

### Fresado

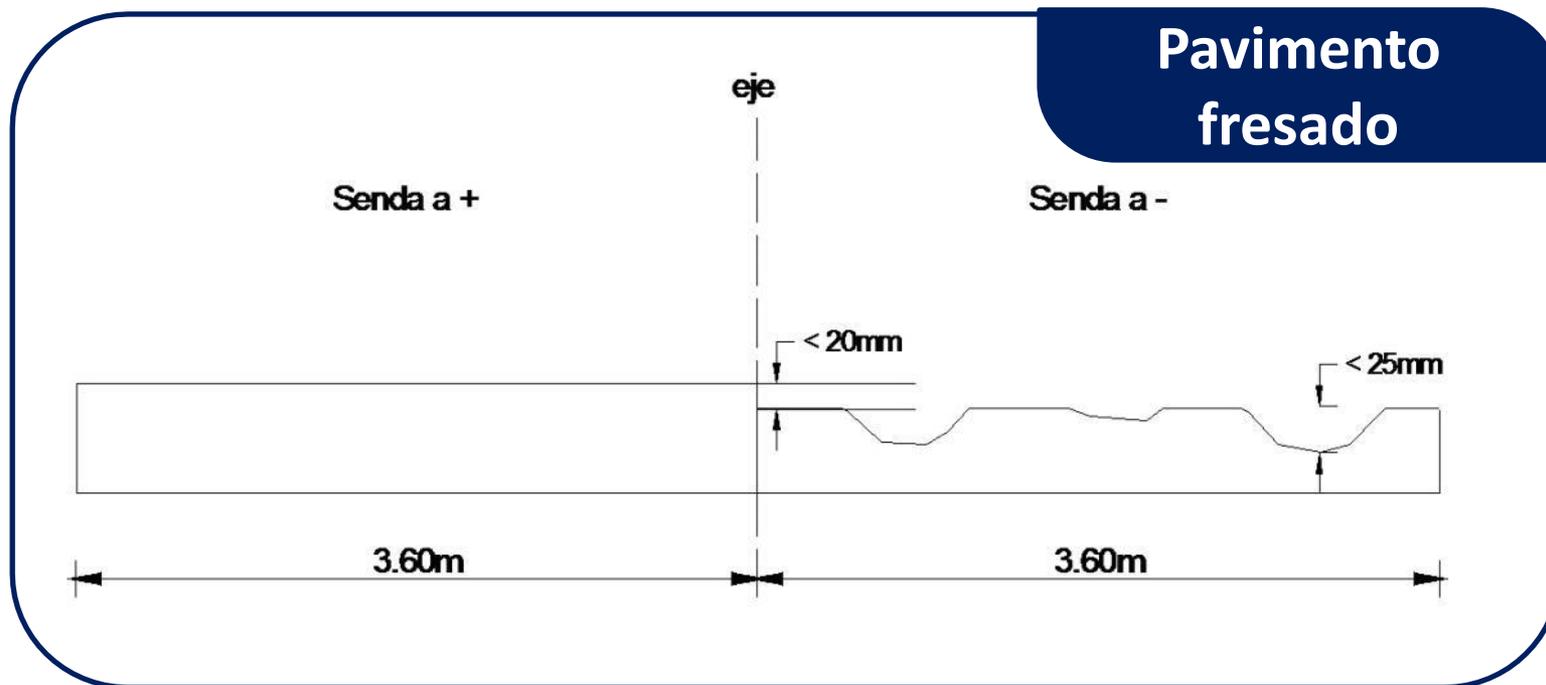
- ❑ Todos aquellos tramos que presenten ahuellamientos mayores a 25 mm o deformaciones como se muestra en la figura, deberán ser fresadas de forma tal que una vez colocado el hormigón no existan espesores menores a 15 cm, ni huellas a rellenar mayores a 25 mm.



## Actuaciones proyectadas

### Fresado

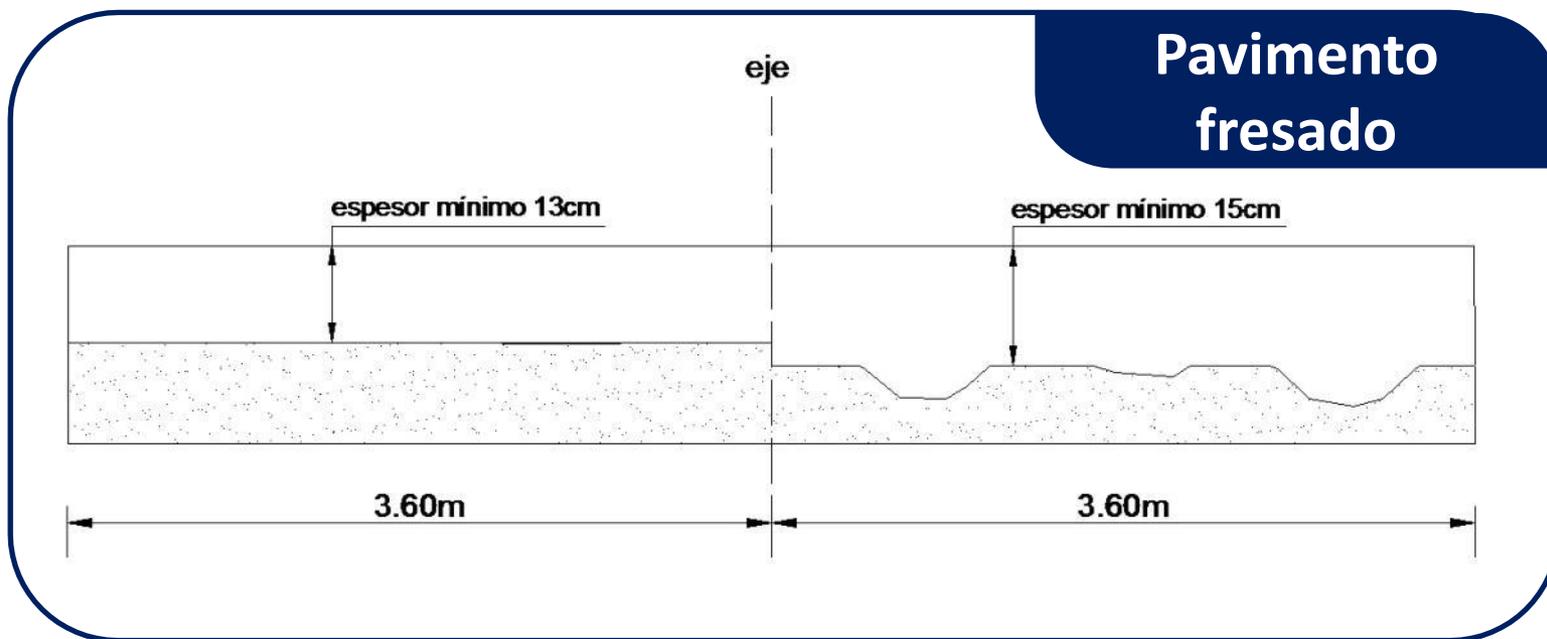
- Aquellas zonas que deban ser fresadas a mayor profundidad para poder disminuir la huella a los 25 mm exigidos, podrán llegar a tener una diferencia de cota de -20 mm con la senda a +, quedando una vez hormigonado una diferencia de espesores como se muestra en las figuras.



## Actuaciones proyectadas

### Fresado

- Pavimento luego de realizado el fresado



- Aquellas zonas donde no se hayan realizado trabajos de fresado, deberán texturizarse generando una superficie mas rugosa que mejore la adherencia con el hormigón.

## Análisis de la calzada

- ❑ Auscultación de la geometría de la calzada



- ❑ Identificación de zonas a fresar por concepto de profundidad de huellas ( $< 25 \text{ mm}$ )



- ❑ Relevamiento del perfil de la senda.
- ❑ Identificación de zonas a fresar para conseguir el espesor mínimo especificado.
- ❑ Determinación de profundidad de fresado.
- ❑ Relevamiento exhaustivo del perfil de la calzada.
- ❑ Estudio altimétrico y proyecto elaborado conjuntamente por el Constructor y el Comitente, con el objetivo adecuar la geometría de la calzada optimizando el volumen de material empleado.

## Preparación de la superficie Fresado



**Aspecto de la calzada luego del fresado**

- ❑ Aplicado a las crestas del ahuellamiento, es la primera tarea constructiva sobre la superficie asfáltica.
- ❑ La profundidad surge del análisis previo, de forma de optimizar el espesor del HRF.
- ❑ De dicho análisis puede surgir la necesidad de hacer una primera aproximación al perfil de proyecto a través del fresado.
- ❑ Esa tarea no siempre es posible debido a la limitación en el espesor remanente mínimo de la capa asfáltica existente, previsto en el diseño (12 cm en este caso).
- ❑ Equipos: Fresadoras Wirtgen W1000L y W500 equipadas con tambor convencional.

## Preparación de la superficie Texturizado

- ❑ De fundamental importancia, es el primer requisito para asegurar la hipótesis de adherencia.
- ❑ Se aplica en todo el ancho de cada senda de la calzada de concreto asfáltico.
- ❑ Eventualmente, donde fue necesario fresar para adecuar geometría, solo se texturiza donde no se actuó previamente, completando el ancho de senda.
- ❑ Equipo: Fresadora Wirtgen W 500 equipada con tambor texturizador.



**Aspecto de la calzada luego del texturizado**

## Preparación de la superficie

### Limpieza

- ❑ Serie de procedimientos de aplicación simple, pero rigurosa.
- ❑ Imprescindible para asegurar la adherencia entre capas.
- ❑ Se procura una limpieza intensiva de la superficie asfáltica, el procedimiento implica dos etapas fundamentales, **hidrolavado** y **soplado**.
- ❑ En caso de ser necesario, previamente a estas etapas de limpieza se hace un barrido mecánico.

### Soplado



- ❑ El soplado, consiste en un barrido con aire comprimido para liberar a la superficie del polvo adherido previo a la pavimentación.
- ❑ Mantenimiento de la limpieza.

### Hidrolavado



- ❑ El hidrolavado, que consiste en un barrido hidráulico de alta presión a razón de 40 l/min.
- ❑ Se utilizó un camión de 22 m<sup>3</sup> de capacidad con 2 bombas hidráulicas independientes.

# Hidrolavado



# Barrido con aire comprimido



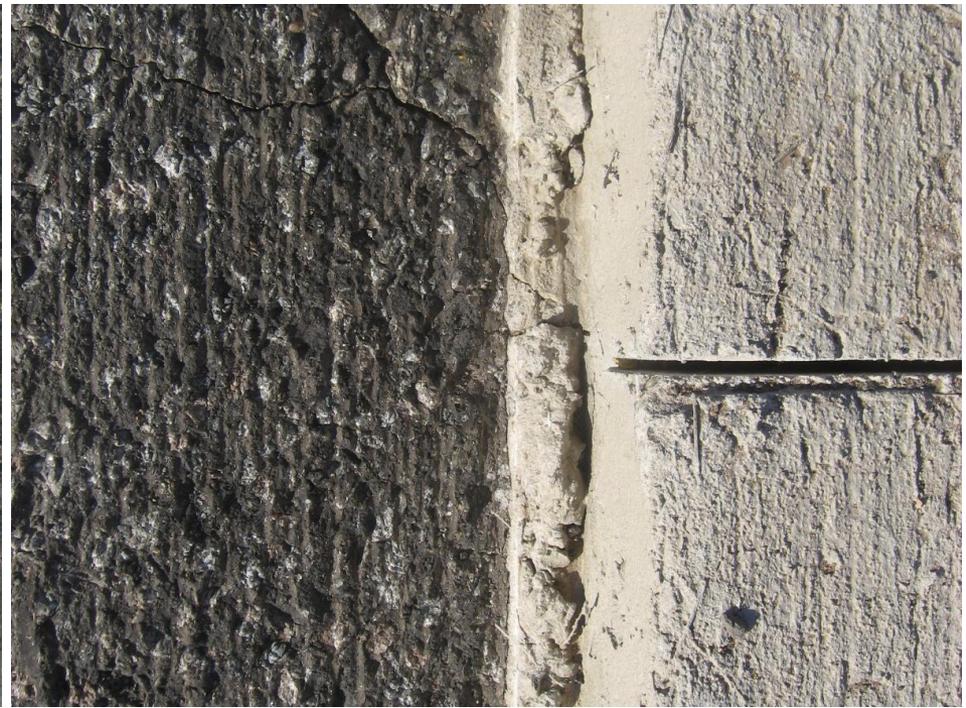
Alquiler - 094 608 632



185  
SUPER

1AA-3358







## Puesta en obra

### Consideraciones generales

- Definición, Tecnología de Alto Rendimiento (TAR): Es aquella que se aplica a la construcción de pavimentos de hormigón empleando pavimentadoras de encofrados deslizantes. Requiere elevados consumos de hormigón, que permitan mantener una velocidad de avance uniforme de 1 m/minuto, como mínimo (IRAM 50002).
- Instalaciones de producción de hormigón fijas en obrador, ubicado aproximadamente en la mitad del tramo.
- Previsión de acopio de áridos y abastecimiento suficiente de agua.
- Planta con mezcladora central de 2 m<sup>3</sup> (tiempo de mezclado 50 segundos).
- Asentamiento en planta  $\leq 7$  cm
- Promedio de producción de 50 m<sup>3</sup>/h.
- Dosificador automático de macro fibras.**
- Transporte típico con camión volcador, cargados con 6 m<sup>3</sup> (tres pastones).





## Interrogantes que surgieron en la etapa de planificación de la obra, al implementar el hormigón con fibras:

- ¿Las macrofibras se van a distribuir uniformemente durante el proceso de mezclado?
- ¿Cómo se puede controlar la homogeneidad del hormigón con fibras?
- ¿Afectarán el asentamiento durante el transporte, con la dificultad adicional de convivir la obra con la habilitación permanente al tránsito?
- ¿Modificarán la exudación del hormigón?
- ¿El sistema de compactación tan enérgico de la pavimentadora, segregará las macrofibras?
- ¿Afectarán la terminación y el texturizado de la superficie del hormigón?
- ¿Se logrará el control de fisuración mediante el aserrado, en una capa delgada de hormigón con fibras adherida al asfalto limpio y rugoso?









## Dosificador automático de fibras



## Dosificador automático de fibras





## Descarga del dosificador de fibras en cinta transportadora



## Descarga del dosificador de fibras en cinta transportadora



# Incorporación de fibras en el hormigón

## Efecto de las fibras sobre el hormigón en estado fresco



**MAYOR COHESIÓN**



**MENOR TRABAJABILIDAD**



**Nota:** Es clave la distribución homogénea de las fibras, sin la formación de erizos.





## Conteo de fibras para evaluar su uniformidad en el pastón

Dado que no se dispuso de una normativa de ensayo, se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se toman tres muestras de un mismo pastón.
2. Se determina el peso inicial de cada muestra de hormigón.
3. Se realiza la agitación bajo agua en forma intensa.
4. Se extraen las macrofibras sintéticas por flotación (tamiz).
5. Se determina el peso seco de macrofibras.
6. Cálculo:



$$\text{Dosis de fibras (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco final de fibras (kg)}}{\text{Peso inicial muestra de H}^\circ\text{ (kg)}} \cdot \text{PUV del H}^\circ\text{ (kg/m}^3\text{)}$$



# Incorporación de fibras en el hormigón

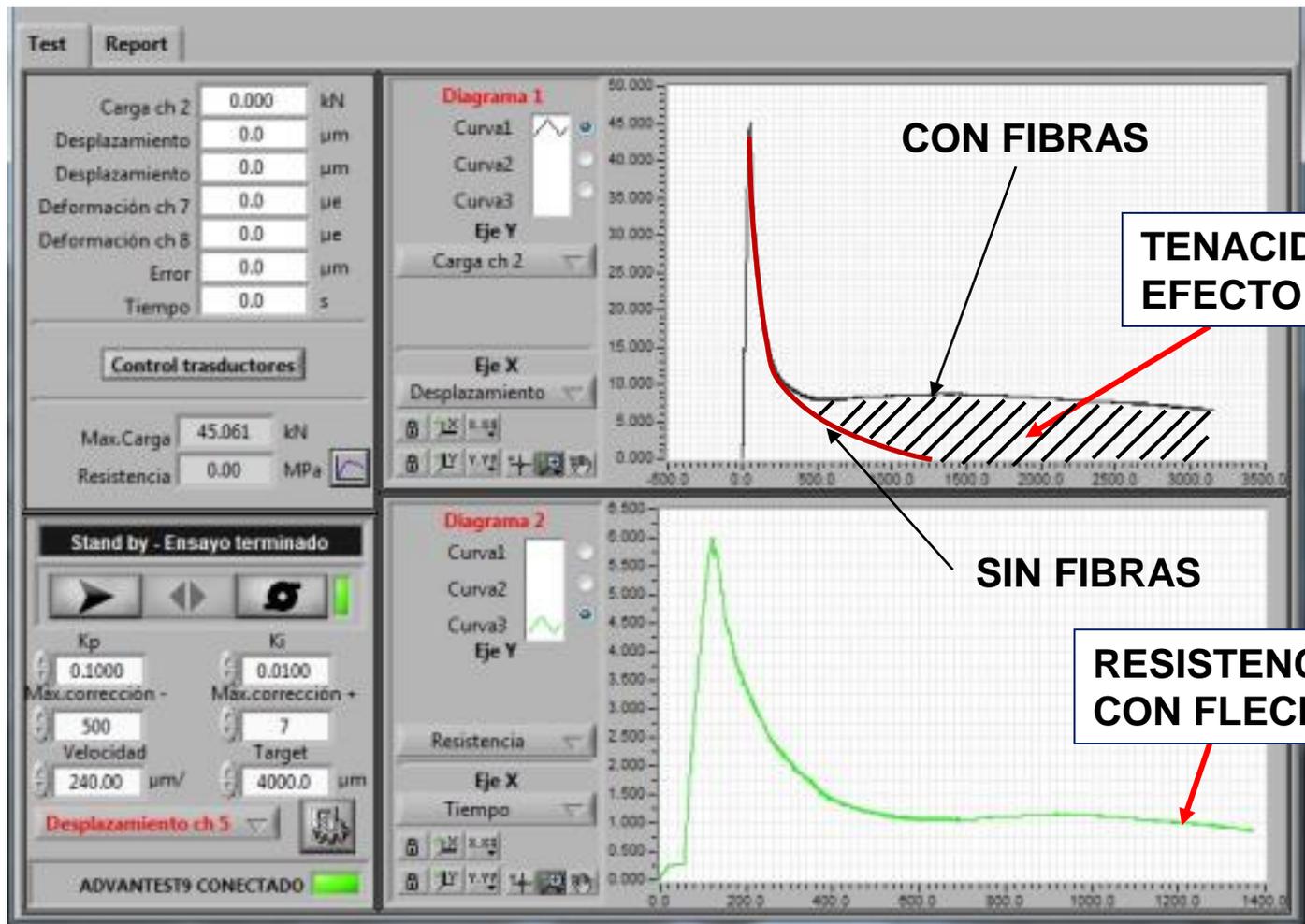
## Efecto de las fibras sobre el hormigón en estado endurecido



- ↑ CONTROL DE FISURACIÓN
- ↑ MAYOR TENACIDAD
- ↑ RESISTENCIA RESIDUAL
- ↑ RESISTENCIA A LA FATIGA

## Incorporación de fibras en el hormigón

### Resistencia residual ( $f^D_{150}$ ) ASTM C 1609





# Incorporación de fibras en el hormigón

## Requisitos del proyecto – Ruta 24

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| ➤ RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN (MRF)      | 5 MPa                 |
| ➤ RESISTENCIA RESIDUAL 150 (TENACIDAD) ASTM C 1609 | 1 MPa                 |
| ➤ RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEDIA                   | 35 MPa                |
| ➤ MACROFIBRAS ESTRUCTURALES DE POLIPROPILENO       | 2,7 kg/m <sup>3</sup> |
| ➤ MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO                     | 0,6 kg/m <sup>3</sup> |
| ➤ RÁPIDA HABILITACIÓN:                             |                       |
| ➤ MRF  | 3,8 MPa               |
| ➤ Correlación con resistencia a compresión         | 25 MPa                |

## Incorporación de fibras en el hormigón

### □ Dosificación:

➤	Cemento Artigas Granel CPN40 (kg/m <sup>3</sup> )	340
➤	Agua (kg/m <sup>3</sup> )	143
➤	Arena natural fina - MF = 1,80 (kg/m <sup>3</sup> )	235
➤	Arena natural gruesa - MF = 3,20 (kg/m <sup>3</sup> )	565
➤	Piedra partida 5-20 granítica (kg/m <sup>3</sup> )	570
➤	Piedra partida 20-30 granítica (kg/m <sup>3</sup> )	570
➤	Aditivo Viscocrete Artigas (Sika) (kg/m <sup>3</sup> ) (dosis 0,6 %)	2,05
➤	Macrofibra sintética Barchip 54 (EPC) (kg/m <sup>3</sup> )	2,7
➤	Microfibra sintética FibroMac 12 (Maccaferri, Brasil) (kg/m <sup>3</sup> )	0,6
➤	Relación a/c = 0,42	



## Evaluaciones

### Ensayos en estado fresco

<u>Ensayo</u>	<u>Unidad</u>	<u>Valor medio</u>
➤ Asentamiento en pavimentadora	cm	3,2
➤ Capacidad de exudación	%	1,4
➤ Contenido de macro fibras	kg	2,63

#### Notas:

- **Es clave evaluar la pérdida de asentamiento del hormigón, según el tiempo y la distancia de transporte, bajo la condición climática reinante en cada jornada.**
- **Para el moldeo de probetas correspondiente al control de calidad de la producción del hormigón con fibras, es clave el empleo de una mesa vibrante en el laboratorio de la planta.**



## Evaluaciones Ensayos en estado endurecido

Ensayo	Unidad	Valor medio
➤ <b>Probetas, edad 7 días</b>	<b>MPa</b>	<b>33,9</b>
➤ <b>Probetas, edad 28 días</b>	<b>MPa</b>	<b>39,3</b>
➤ <b>Testigos, edad 28 días</b>	<b>MPa</b>	<b>37,6</b>
➤ <b>Módulo de rotura, 28 días</b>	<b>MPa</b>	<b>5,6</b>
➤ <b>Resistencia residual (fD150)</b>	<b>MPa</b>	<b>1,2</b>
➤ <b>Adherencia LDF Asfalto (LDF)</b>	<b>MPa</b>	<b>1,2 (MASH TC 232.02)</b>

Calificación adherencia (*)	MPa	psi
Excelente	≥ 2,1	≥ 300
Muy buena	1,7 a 2,1	250 a 290
Buena	1,4 a 1,7	200 a 249
Regular	0,7 a 1,4	100 a 199
Mala	0 a 0,7	0 a 99



(\*) Federal Highway Administration, *Portland Cement Concrete Overlays, State of The Technology Synthesis*, Publication N° FHWA-IF-02-045, USA, April 2002. Chapter 3, Page 9.

## Puesta en obra Extendido

- ❑ Máxima distancia de transporte: 20 km.
- ❑ Preocupación por minimizar traslado en verano.
- ❑ Asentamiento en planta  $\leq 7$  cm.
- ❑ Replanteo de hilos guía cada 6,25m en general.
- ❑ En lo posible se utiliza como referencia la senda adyacente ya pavimentada, utilizando el sistema de patines.
- ❑ Se evita esta práctica en transiciones de peralte.
- ❑ Film en correspondencia con juntas e imprimación del tercio superior de la cara vertical del hormigón preexistente.



**Hilos guía o patines para  
senda adyacente.**



## Puesta en obra Extendido

- ❑ Definición de áreas a bachear mediante pruebas de carga.
- ❑ La apertura de baches se realiza en coincidencia con las juntas de retracción de las futuras losas.
- ❑ En este caso los hilos guía se replantearon con estacas cada 7,20 m, o se ajusta la longitud de la losa a un mínimo de 1,50 m.
- ❑ Espesor del bache: total o parcial (20 cm o superior).
- ❑ Apertura de baches y pavimentación en la misma etapa que el recrecido.



**Bacheo cambiando sección de diseño.**

## Puesta en obra

### Extendido

- ❑ Sincronización de tareas: producción; transporte; colocación del Hº.
- ❑ Comunicación fluida: planta – frente de pavimentación – operadores del tránsito.
- ❑ El Hº se distribuye directamente desde el camión sobre la calzada texturizada y limpia.
- ❑ Asentamiento en el frente de pavimentación: 2 a 3 cm.
- ❑ Mini pala cargadora, para distribución inicial y facilitar alimentación.
- ❑ Carga necesaria para producir la extrusión del hormigón y permitir el vibrado.
- ❑ El exceso de material puede hacer que la máquina trabaje como topadora, lo que induce a irregularidades.



**Distribución con Bobcat.**





## Puesta en obra Extendido

Tren de  
pavimentación.



Velocidad de avance: entre 1,0 y 1,5 m/min.

MAQ.  
CURADO

HORM.  
TENDIDO

PAVIMENT  
ADORA

H. PRE  
DISTRIBUIDO

PALA  
DISTRIBUCIÓN

HORM.  
VOLCADO

TRANSPORTE



## Puesta en obra Extendido



- ❑ Terminación. Aplicaciones manuales mínimas para la terminación. Solo para contingencias en lo posible.

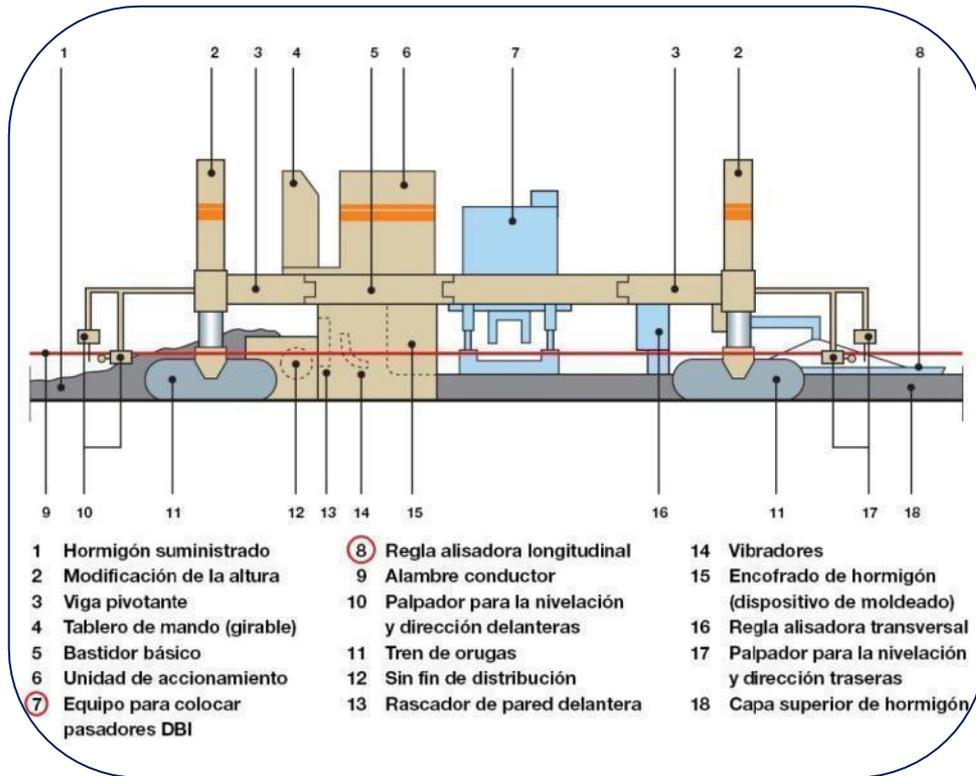
- ❑ Posibilidad de ejecutar las banquetas con TAR.



- ❑ Texturado con arpillera húmeda en sentido longitudinal, solidaria a la pavimentadora.



## Puesta en obra Extendido



- ❑ Pavimentadora de moldes deslizantes.
- ❑ Compactación con vibradores de inmersión incorporados en el equipo de extendido.
- ❑ Distribución transversal del material mediante tornillo sin fin o cuchilla de distribución.
- ❑ Compuerta de alimentación.



**Pavimentadora Wirtgen SP 500**

# FAJA DE PRUEBA

## Asentamiento = 4 a 5 cm



**SEGUNDA FAJA DE PRUEBA**  
**Asentamiento = 2 a 3 cm**



## Evaluación de la uniformidad del HRF compactado

Luego del tendido de la segunda faja de prueba, se extrajeron muestras de HRF, una en los 5 cm superiores, con contenido total de fibra (micro + macro) de 3,4 kg /m<sup>3</sup> y otra en los 5 cm inferiores, con un valor de 3,1 kg/m<sup>3</sup>. Los resultados son adecuados y de este modo se estableció el rango de trabajo, ubicándose el asentamiento objetivo de 2 a 3 cm, para estas condiciones de trabajo.



## Puesta en obra

## Curado

máquina esparcidora



formación de membrana



- Antisol blanco: membrana química de resinas en base solvente.
- Aplicación inmediata en todo el ancho incluyendo bordes.



- Carro autopropulsado.
- Boquillas reguladoras  $\approx 200 \text{ g/m}^2$ , disposición longitudinal aplicación transversal, solape de 30 cm.
- Metodología de contingencia: mochilas.

## Puesta en obra Aserrado

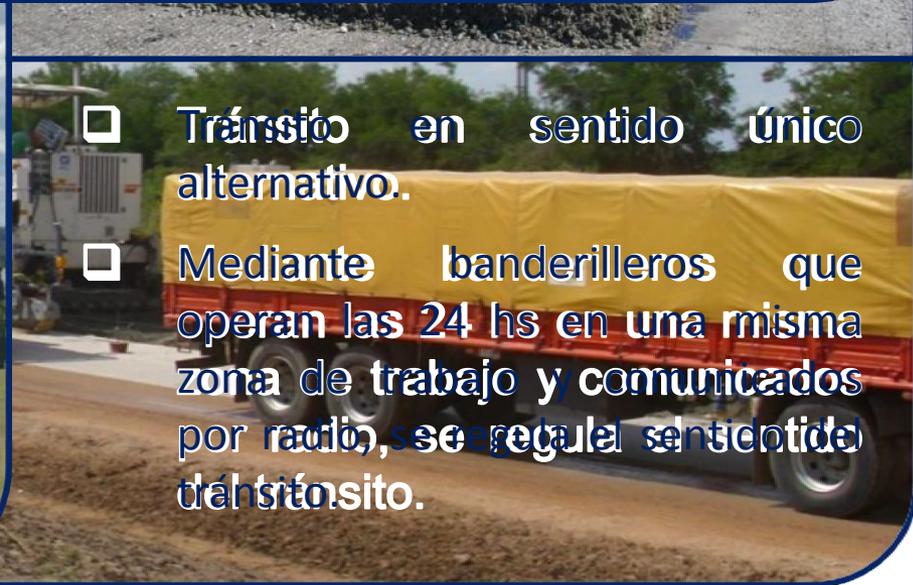
- ❑ La longitud de aserrado es 3 m lineales por metro de senda pavimentada.
- ❑ En las condiciones típicas se corta con tres o cuatro equipos a la vez.
- ❑ En condiciones de tiempo frío se corta con un solo equipo extendiéndose por hasta por 24 hs el inicio del aserrado.
- ❑ Es importante la logística para el suministro de agua, debido al desvío por el carril con sentido único alternativo.
- ❑ Se dispone de 6 cortadoras livianas y otras 2 para cortes profundos.







## Puesta en obra Manejo del tránsito



- ❑ Tránsito en sentido único alternativo.
- ❑ Mediante banderilleros que operan las 24 hs en una misma zona de trabajo y comunicados por radio, se regula el sentido tránsito.

## Obtención de la calidad Consideraciones

- ❑ La gran limitante es el tráfico propio de la vía.
- ❑ Esto provoca que el tránsito de obra esté condicionado por el control de aquel.
- ❑ La distancia entre la planta de producción y el tendido pasa a ser una variable muy importante.
- ❑ En particular ésta variable, pasa a ser muy sensible en verano.
- ❑ Se mitiga ésta condición procurando procedimientos eficaces para reducir tiempos en el traslado y volcada del hormigón en estado fresco:
- ❑ Zona de maniobra de camiones libre de otras actividades, como preparación, etc.
- ❑ Eficiencia en el control del tráfico, para dar prioridad a los vehículos que transportan el hormigón.

**Premisa en TAR:  
UNIFORMIDAD = CALIDAD**



## Obtención de la calidad Consideraciones

**Premisa en TAR:  
Evitar intervenciones manuales**



- Dependen mucho del estado del hormigón: consistencia; presencia de erizos; etc.
- El rolo de mortero que se forma delante de la regla alisadora transversal es un buen indicador .
- El período de aprendizaje en todas las etapas ha conducido a que la situación típica sea ésta última.



## Evaluaciones

### Regularidad superficial

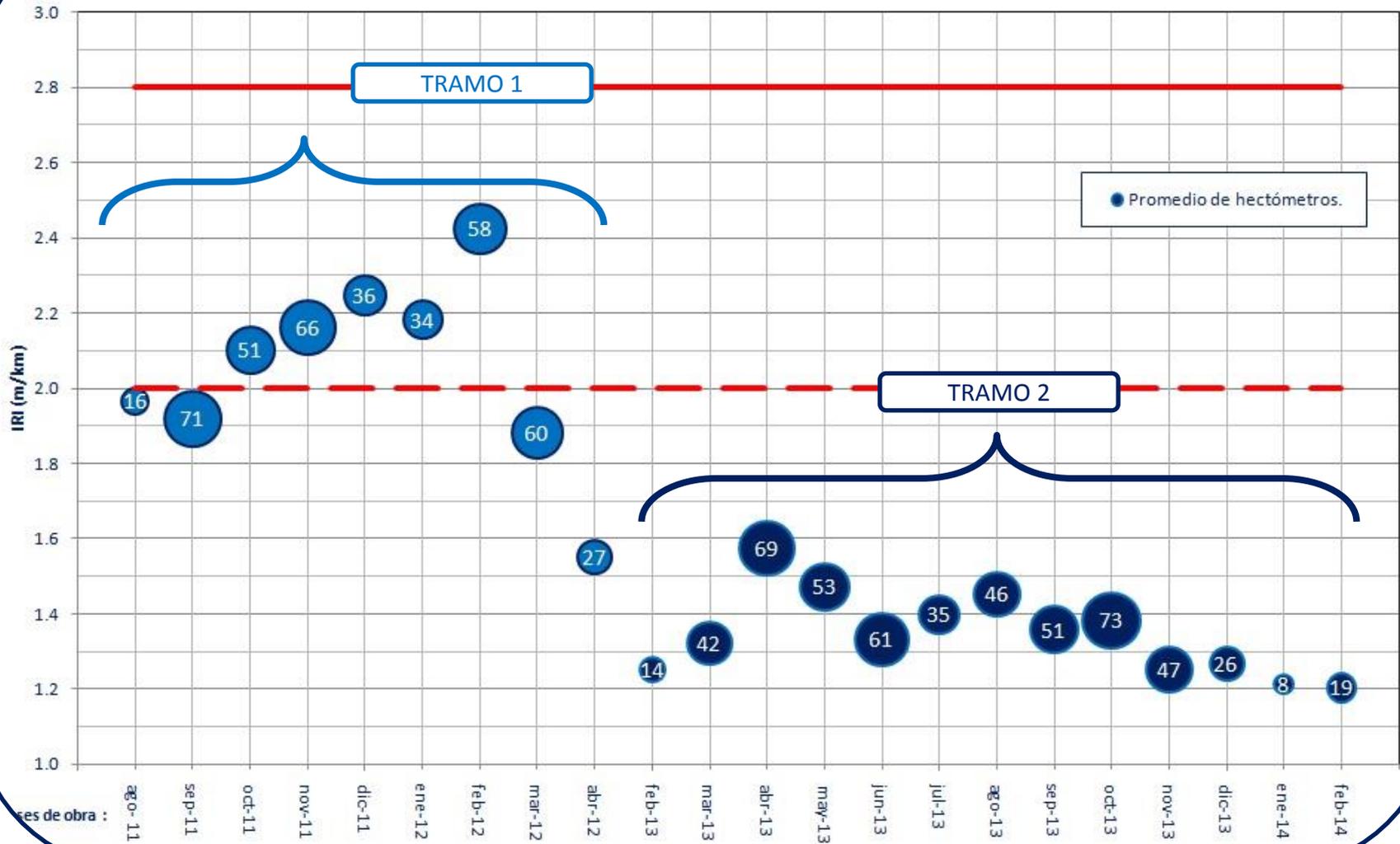
- ❑ Necesidad de evaluar en forma permanente la calidad del trabajo, debido a la condición de rechazo en caso de superar el umbral especificado.
- ❑ Imposibilidad de hacerlo con equipos de alto rendimiento, dado que estos no son apropiados para evaluar tramos tan cortos como los de una jornada de trabajo y a pocas horas de la construcción.
- ❑ El límite impuesto para la aceptación de la obra no admitía tolerancia ninguna, por lo que se optó adquirir un equipo definido como Clase I según WB.
- ❑ Por tanto, se eligió un equipo de alta precisión que determina directamente el perfil, obteniendo así el índice de regularidad real.
- ❑ Equipo utilizado: perfilómetro pivotante Dipstick 2272. Utilizado también para calibración de los equipos de alto rendimiento.



**Dipstick 2272**

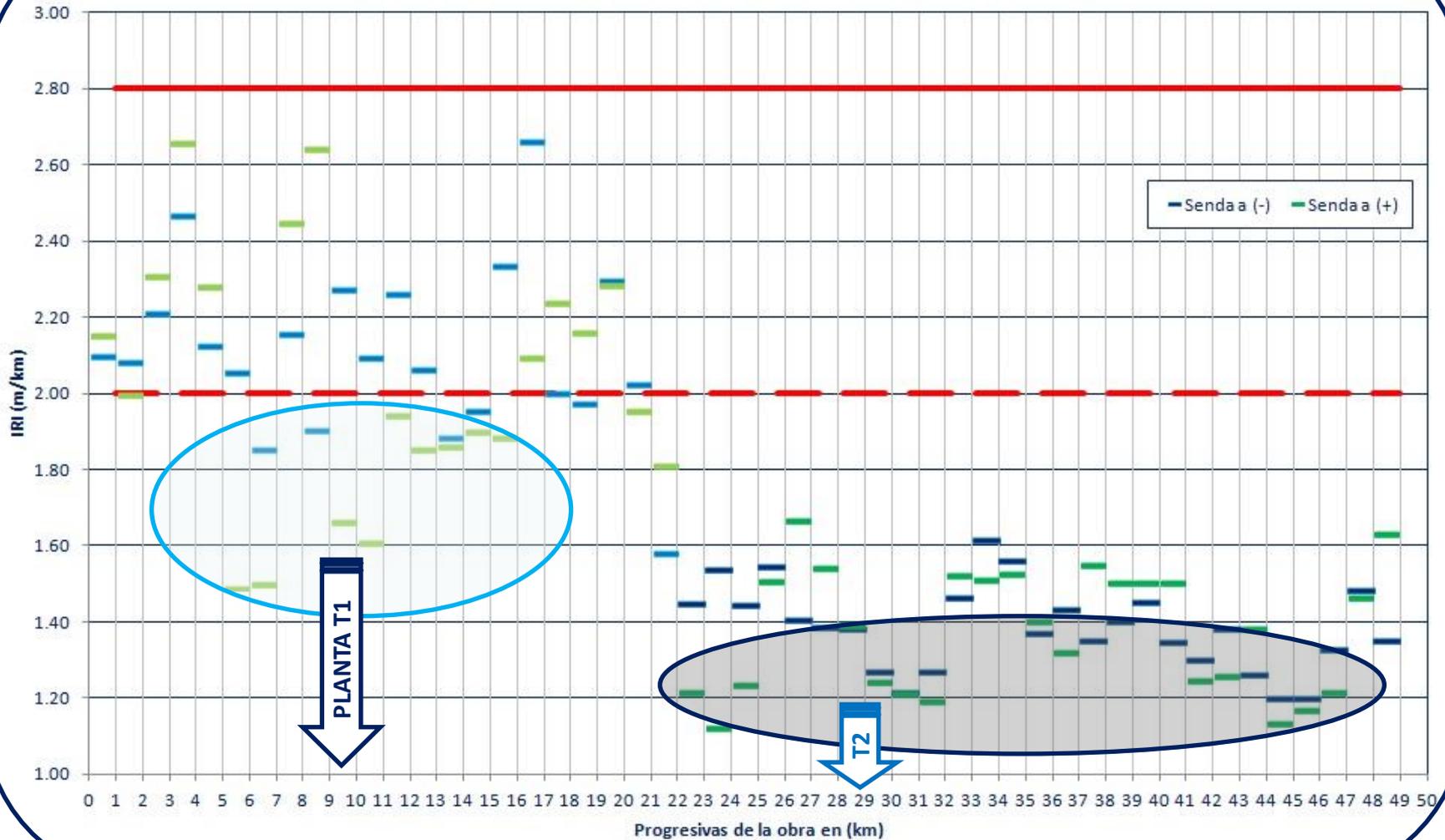


Valores medios de IRI por hectómetro y por mes de obra



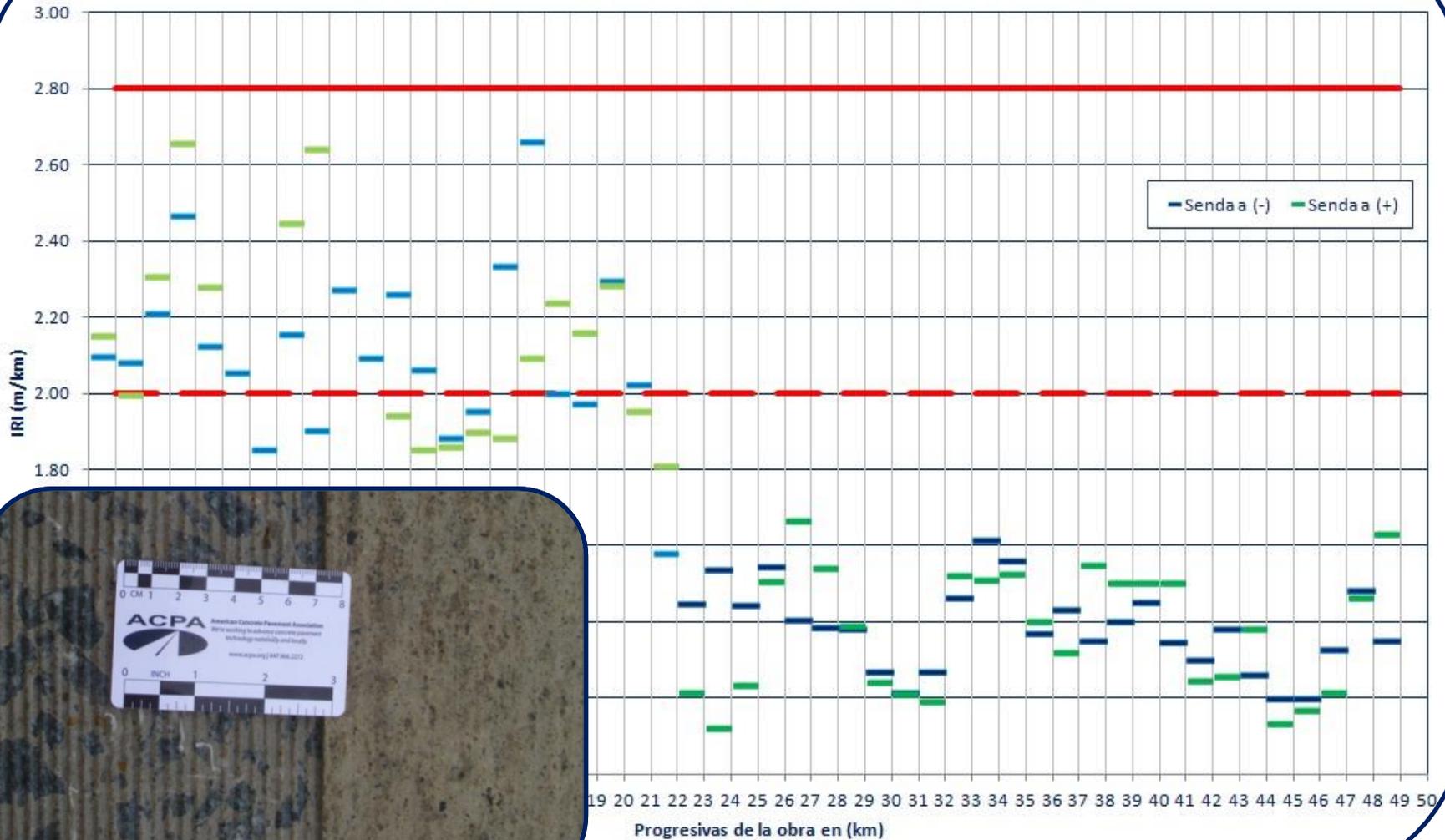


## Valores medios de IRI por km de senda construida



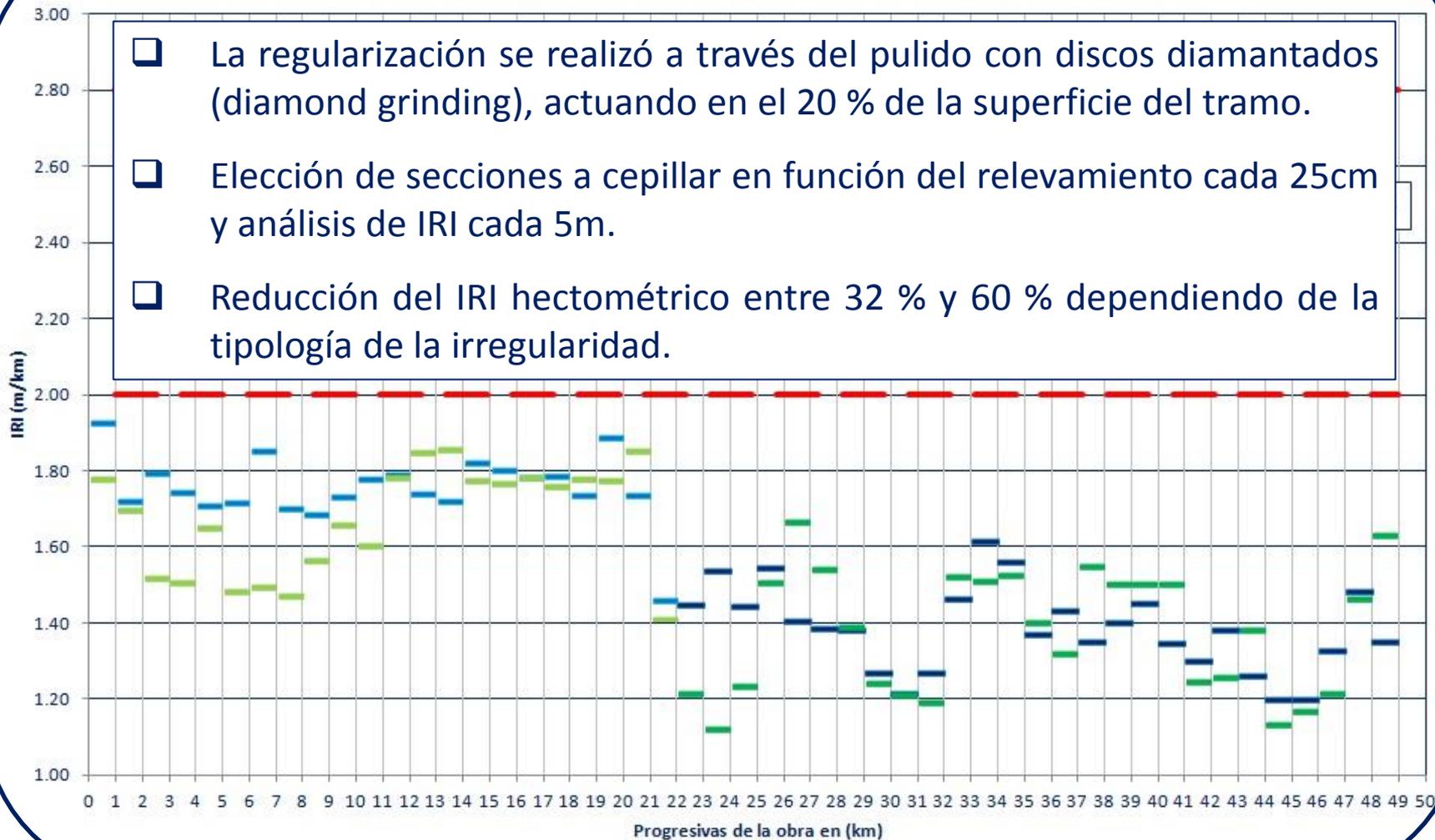


## Valores medios de IRI por km de senda construida



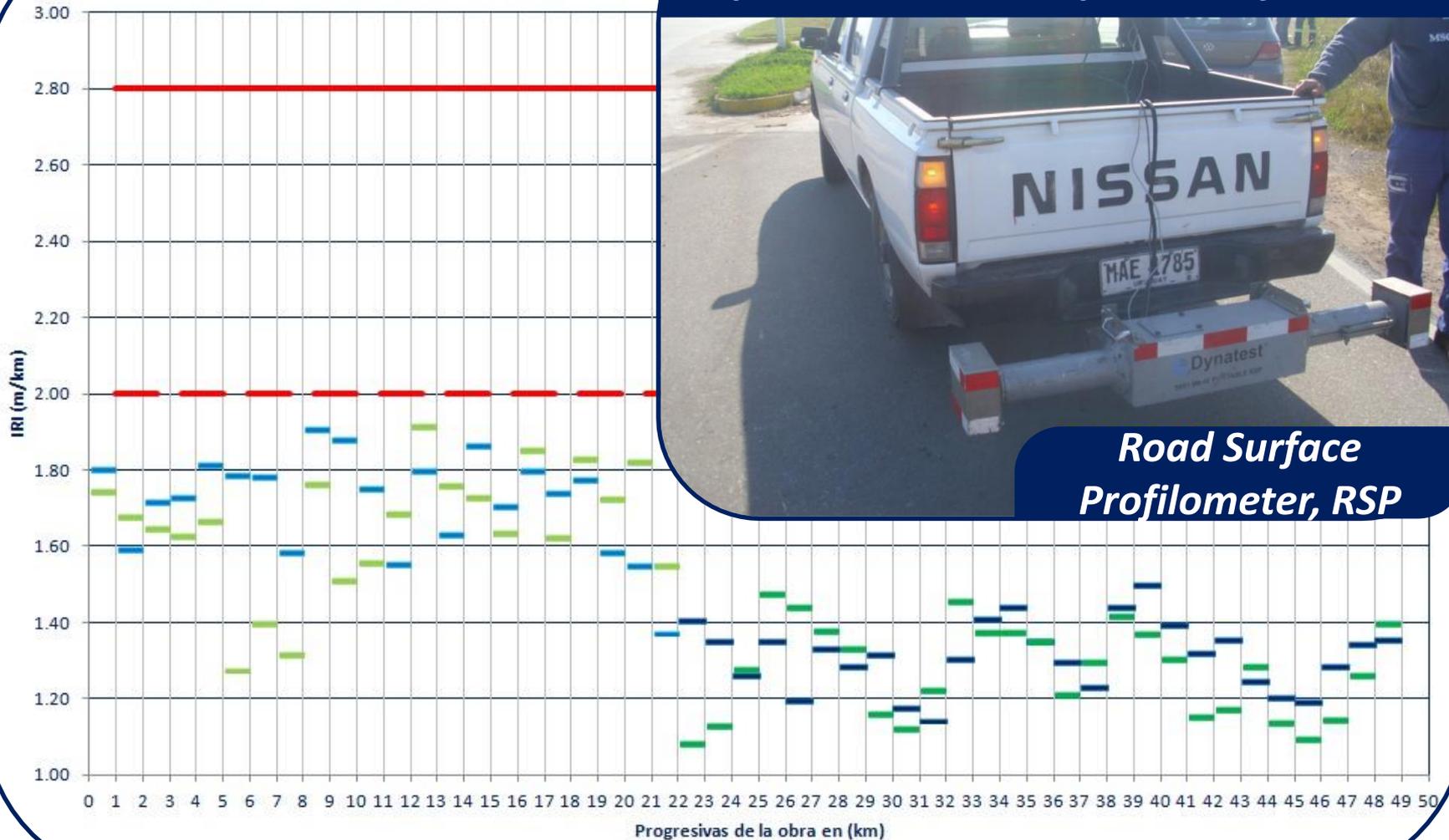


## Valores medios de IRI por km de senda tras cepillado en 20% del Tramo 1





Valores medios de IRI por km de s



perfilómetro láser portátil Dynatest



Road Surface  
Profilometer, RSP

## Consideraciones finales

- ❑ Apertura en la utilización de nuevas tecnologías por parte del MTOP.
- ❑ Capacitación a través de técnicos referentes a nivel mundial, a profesionales tanto de la órbita pública como privada.
- ❑ Diseño de la solución de Whitetopping con asesoramiento del Ing. Jeffery Roesler (Universidad de Illinois).
- ❑ Concientización de autoridades públicas para la presentación de ofertas en ambas alternativas
- ❑ **Trabajo en equipo**





## Agradecimientos

- Inspección de Obra DNV.
- Personal de Grinor S.A.
- Personal de Cementos Artigas y Avellaneda
- Personal de EMSA y TRADINTER representantes Wirtgen.
- Personal del Instituto del Cemento Portland Argentino.





II SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN  
4 de noviembre de 2014, Buenos Aires, Argentina.

# Rehabilitación Ruta 24 de Uruguay

**¡¡ Gracias por  
su atención !!**

