

## 4º CONGRESO PARAGUAYO DE VIALIDAD Y TRÁNSITO

### “DESEMPEÑO EN SERVICIO DE MEMBRANAS “SAMI”, TIPO ARENA ASFALTO COMO RETARDADORAS DE REFLEXIÓN DE FISURAS EN REPAVIMENTACIONES”

Autor 1

Ing. Civil Mario L. Noste, ITYAC S.A., Argentina, m.noste@ityac.com.ar

Autor 2

Msc. Ing. Civil Diana S. Cainelli, ITYAC S.A., Argentina, d.cainelli@ityac.com.ar

Autor 3

Ing. Civil Horacio P. Terráneo, ITYAC S.A., Argentina, h.terraneo@ityac.com.ar



## “DESEMPEÑO EN SERVICIO DE MEMBRANAS “SAMI”, TIPO ARENA ASFALTO COMO RETARDADORAS DE REFLEXIÓN DE FISURAS EN REPAVIMENTACIONES”

- 1. Introducción
- 2. Estudios previos para su implementación
- 3. Criterios para su implementación
- 4. Desempeño en servicio y funcionamiento estructural
- 5. Otras experiencias de Argentina a destacar
- 6. Conclusiones

## 1. INTRODUCCIÓN

La rehabilitación de pavimentos flexibles muy fisurados o agrietados y de pavimentos rígidos con algún grado de deterioro nos orienta a implementar algún mecanismo o dispositivo para evitar, o al menos atenuar y retrasar, la reflexión de fisuras en las capas asfálticas que se coloquen como refuerzo estructural.



*Desempeño en servicio de membranas "SAMI" de Arena Asfalto, retardadoras de reflexión de fisuras*

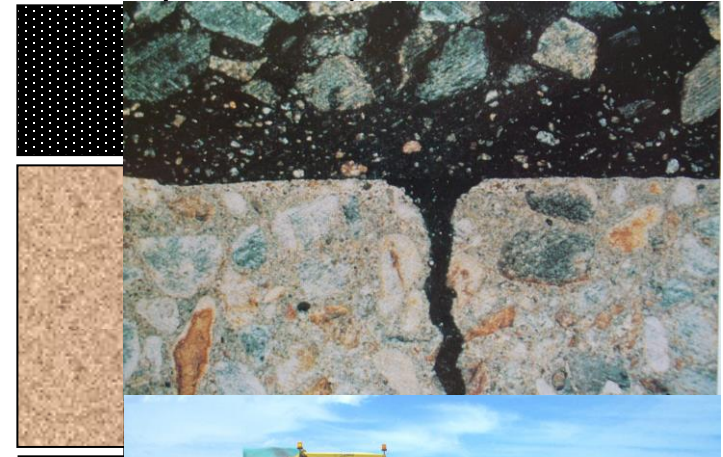


*Ing. M. NOSTE, MSc. Ing. D. CAINELLI, Ing. H. TERRÁNEO*

## 1. INTRODUCCIÓN

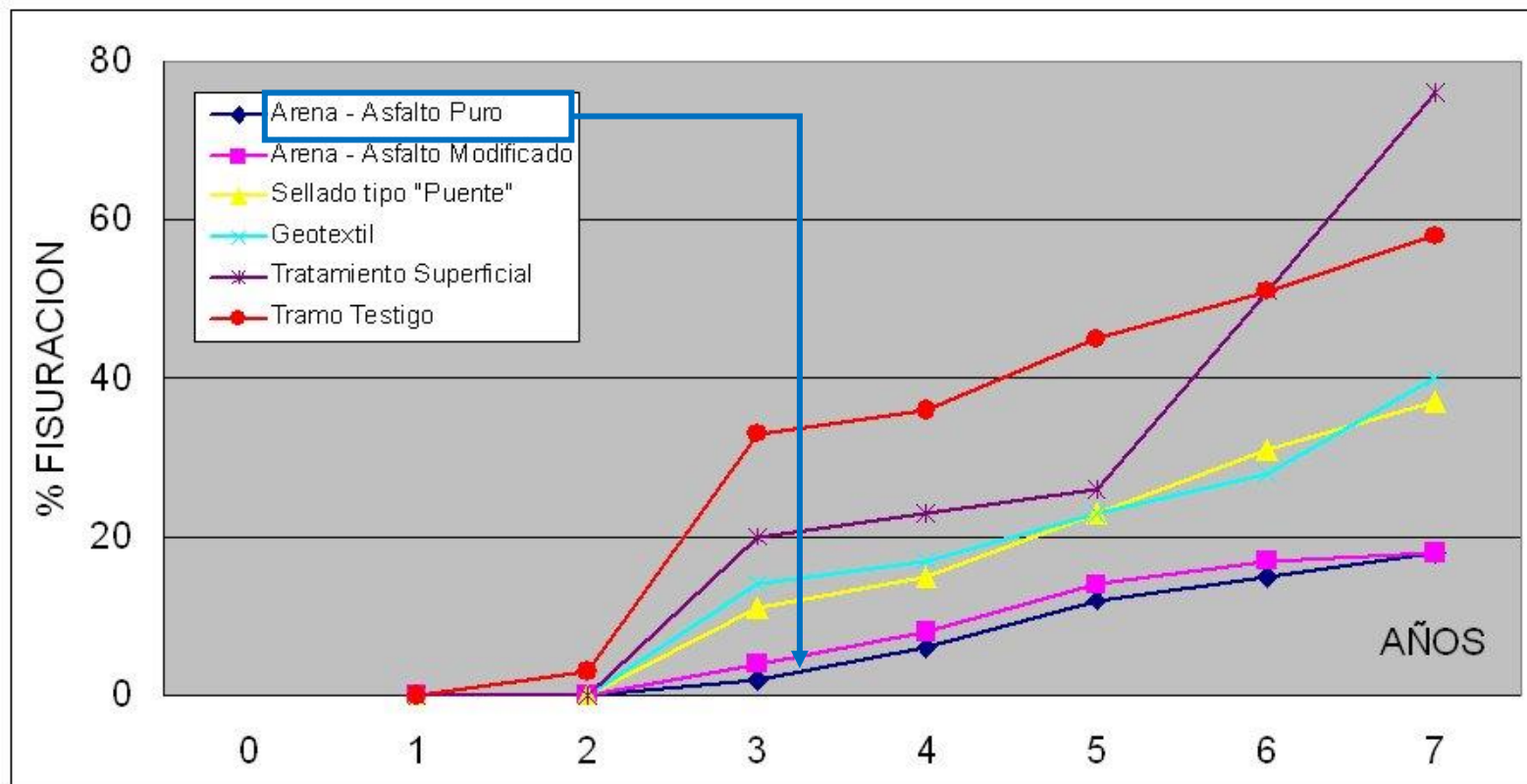
Algunas de las alternativas implementadas a menudo para este problema, consisten en:

- SELLADO DE FISURAS TIPO PUENTE
- MEMBRANA ASFÁLTICA CON GEOTEXTIL DE SOSTÉN
- BANDAS DE LÁMINAS PREFABRICADAS
- GEOGRILLA O GEOMALLAS
- INTERPOSICIÓN DE ESTABILIZADOS GRANULARES
- CAPA DELGADA DE ARENA ASFALTO



## 1. INTRODUCCIÓN

Comparativo de algunos sistemas paliativos en la reflexión de fisuras (Bulletin Liaison L.C.P.C.):



## 1. INTRODUCCIÓN

La técnica, básicamente, consiste

- En la interposición de una capa delgada de mezcla asfáltica muy rica en asfalto como membrana absorbente de los esfuerzos que se concentran en las fisuras, grietas y/o juntas de las capas de rodamiento existentes.
- Se elabora en caliente y está integrada por agregados finos de tamaño máximo 4/6 mm.
- Puede estar complementada con geotextiles impregnados en asfalto y/o geogrillas, conformando un importante dispositivo de disipación de tensiones.

Sus principales ventajas son:

- Permitir recuperar estructuras que, por su estado, se considerarían como desechables o a ser tratadas con técnicas más radicales como la remoción de las capas afectadas o el reciclado de las mismas.
- Reducir significativamente la superficie a bachear.

## 1. INTRODUCCIÓN

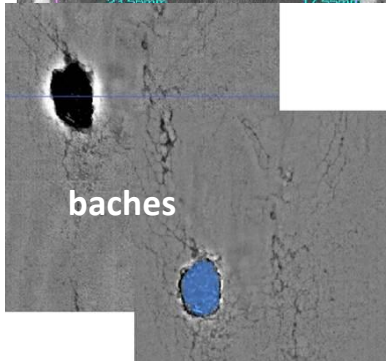
- El siguiente es un esquema de funcionamiento de este tipo de membrana retardadora de reflexión de fisuras (S.A.M.I.) con Arena Asfalto:



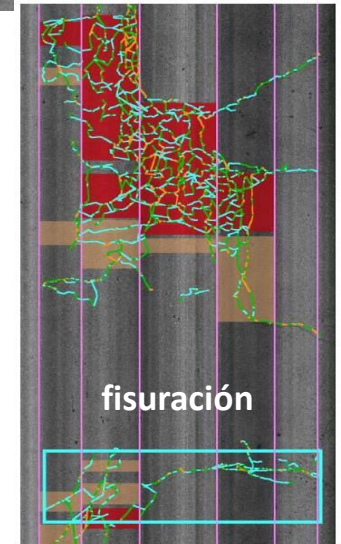
CONDICIONES PREVIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANAS  
en condiciones superficiales del pavimento con eq



ahuellamiento



baches

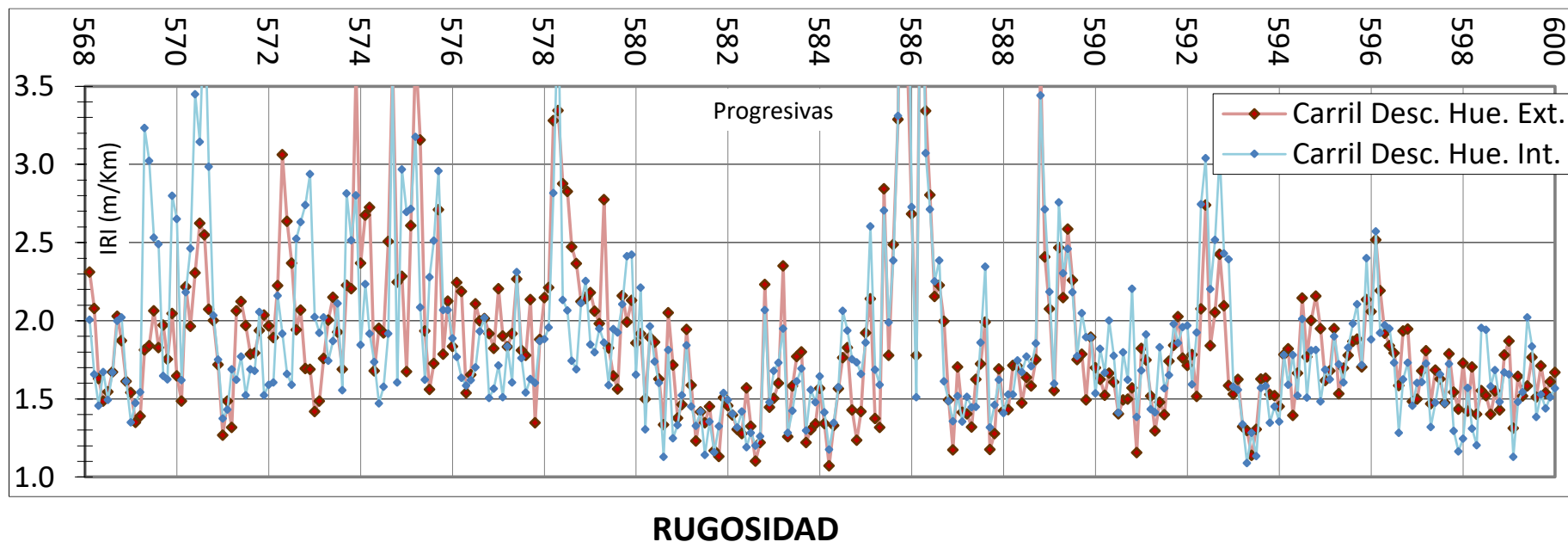


fisuración



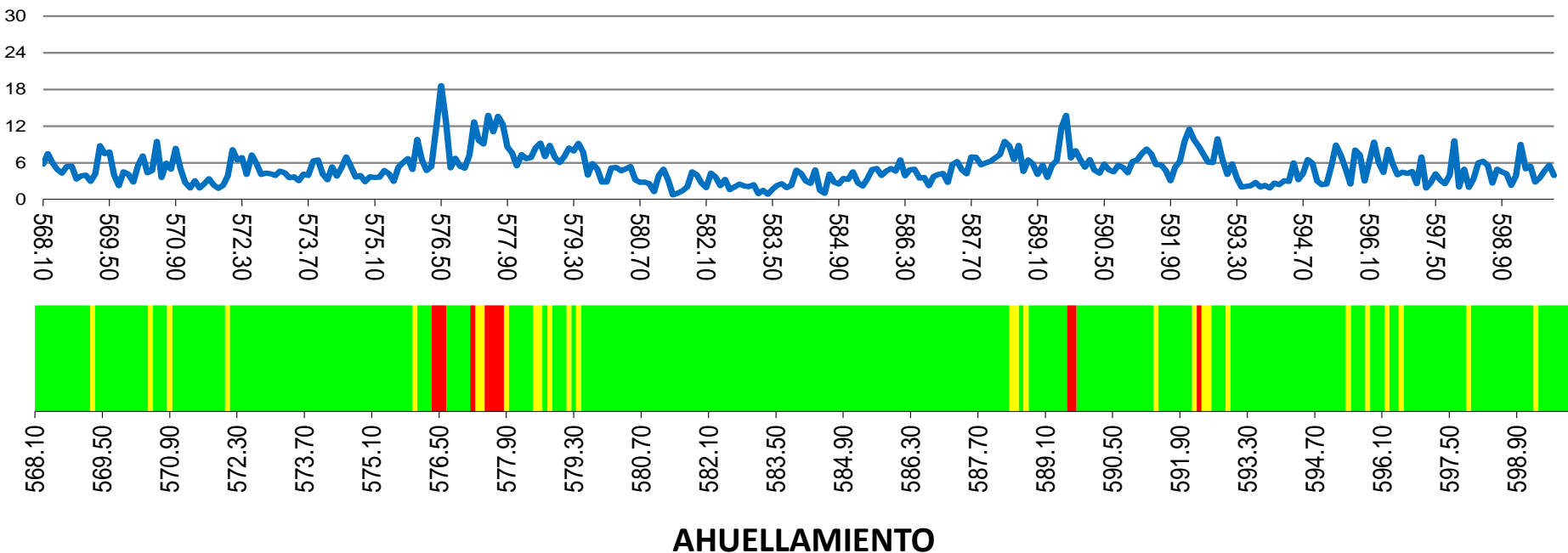
## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.1. Evaluación de las condiciones superficiales del pavimento con equipos de alto rendimiento



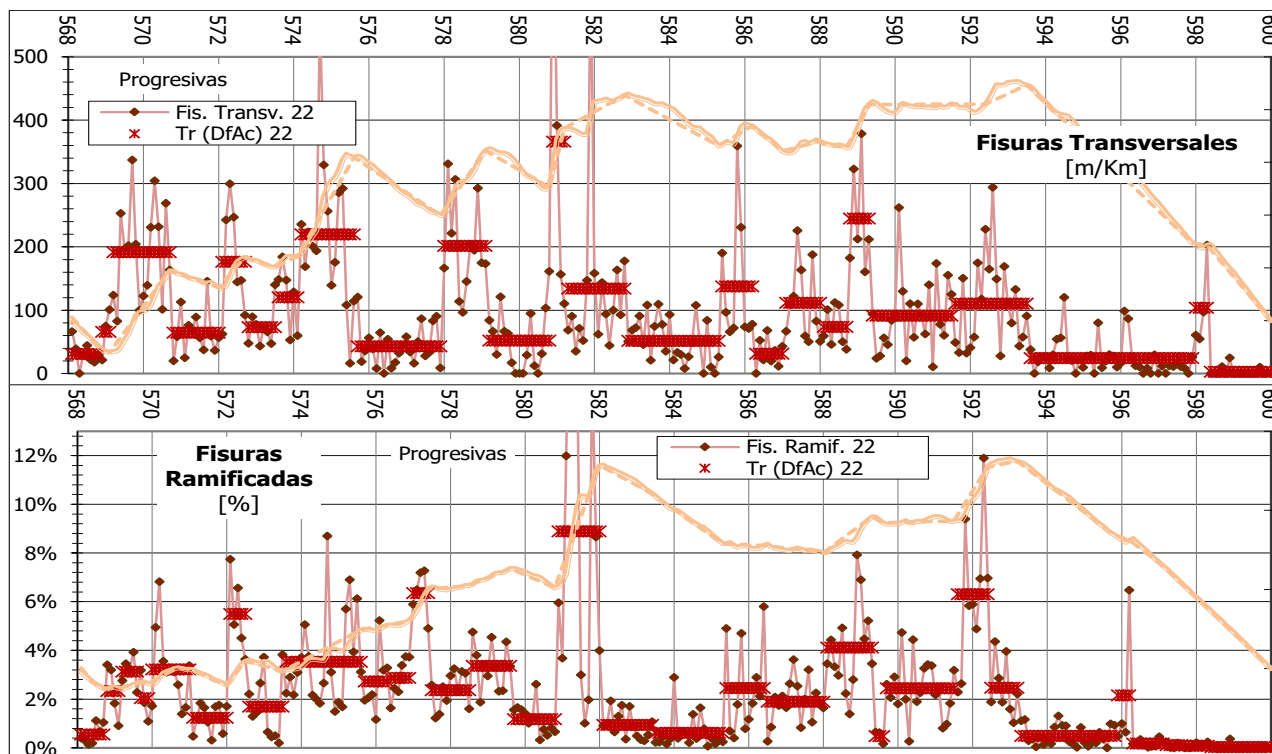
## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.1. Evaluación de las condiciones superficiales del pavimento con equipos de alto rendimiento



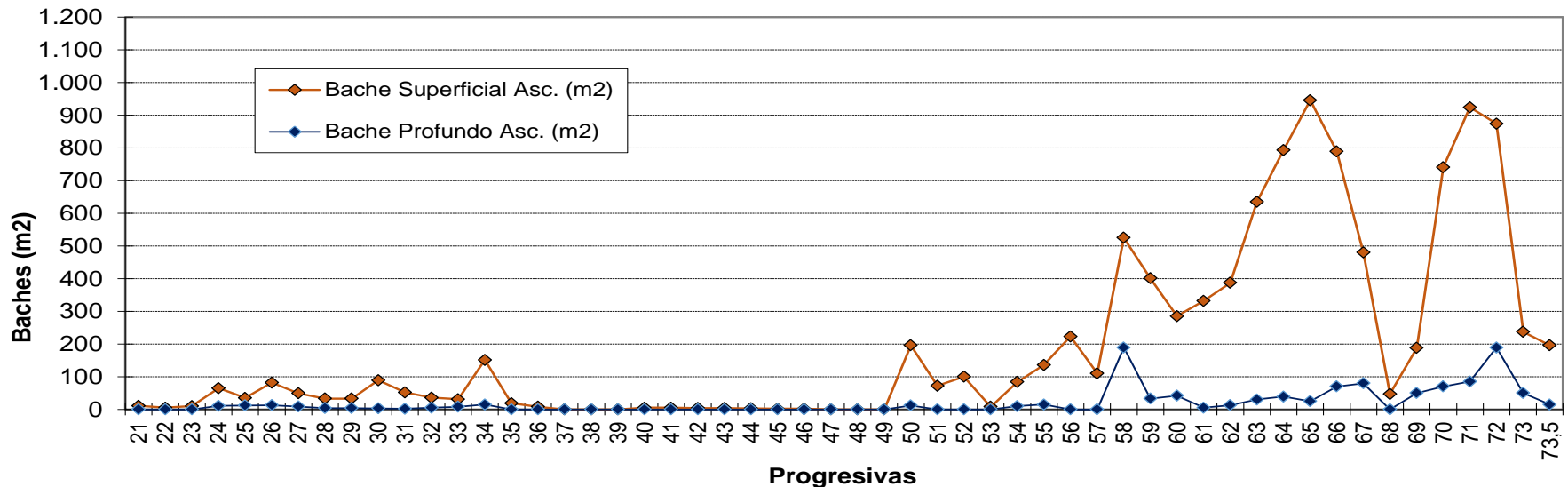
## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.1. Evaluación de las condiciones superficiales del pavimento con equipos de alto rendimiento



## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.1. Evaluación de las condiciones superficiales del pavimento con equipos de alto rendimiento



### BACHES

## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.2. Evaluación estructural del pavimento con ensayos no destructivos FWD



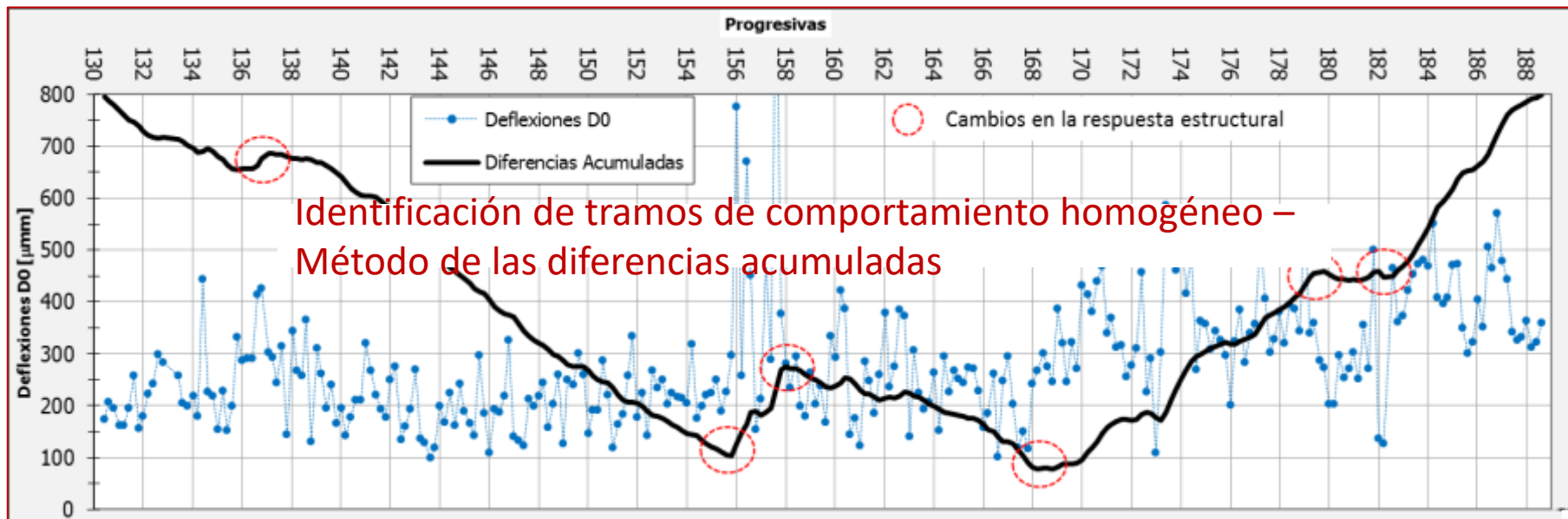
### DEFLEXIONES FWD

## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.2. Evaluación estructural del pavimento con ensayos no destructivos FWD

- Auscultación estructural      **Ensayos no Destructivos**      **DEFLEXIONES FWD**

- El comportamiento estructural queda por la deformabilidad bajo carga = ensayos con Deflectógrafo de Impacto (FWD). Reflejando las distintas respuestas del pavimento

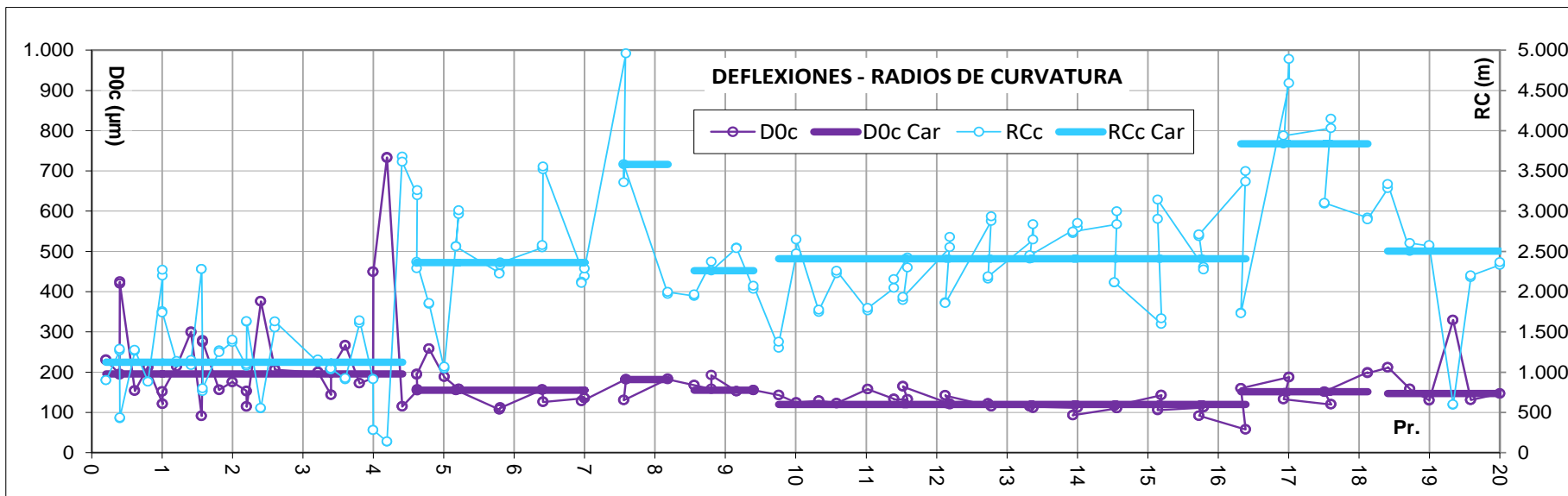


## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.2. Evaluación estructural del pavimento con ensayos no destructivos FWD

• Auscultación estructural      **Ensayos no Destructivos**      **DEFLEXIONES FWD**

- El comportamiento estructural queda por la deformabilidad bajo carga = ensayos con Deflectógrafo de Impacto (FWD). Reflejando las distintas respuestas del pavimento

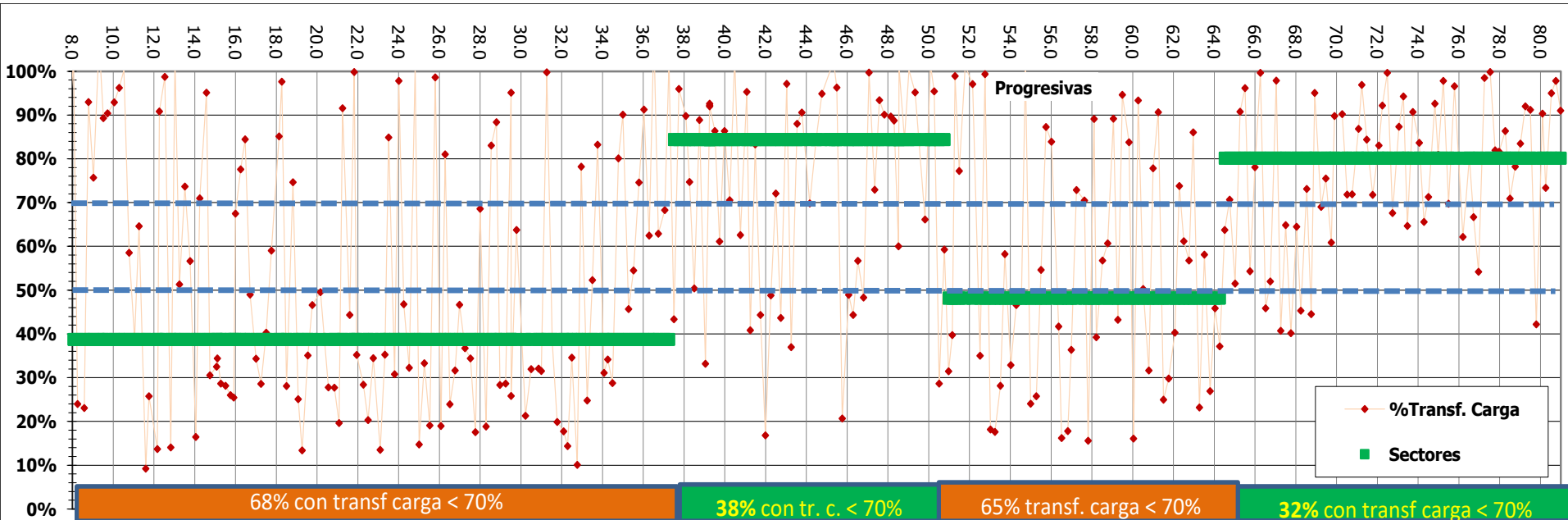


## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.2. Evaluación estructural del pavimento con ensayos no destructivos FWD

• Auscultación estructural      **Ensayos no Destructivos**      **DEFLEXIONES FWD**

• Pavimentos rígidos o semirrígidos, transferencia de cargas de las juntas





## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.3. Evaluación estructural de las capas componentes del pavimento

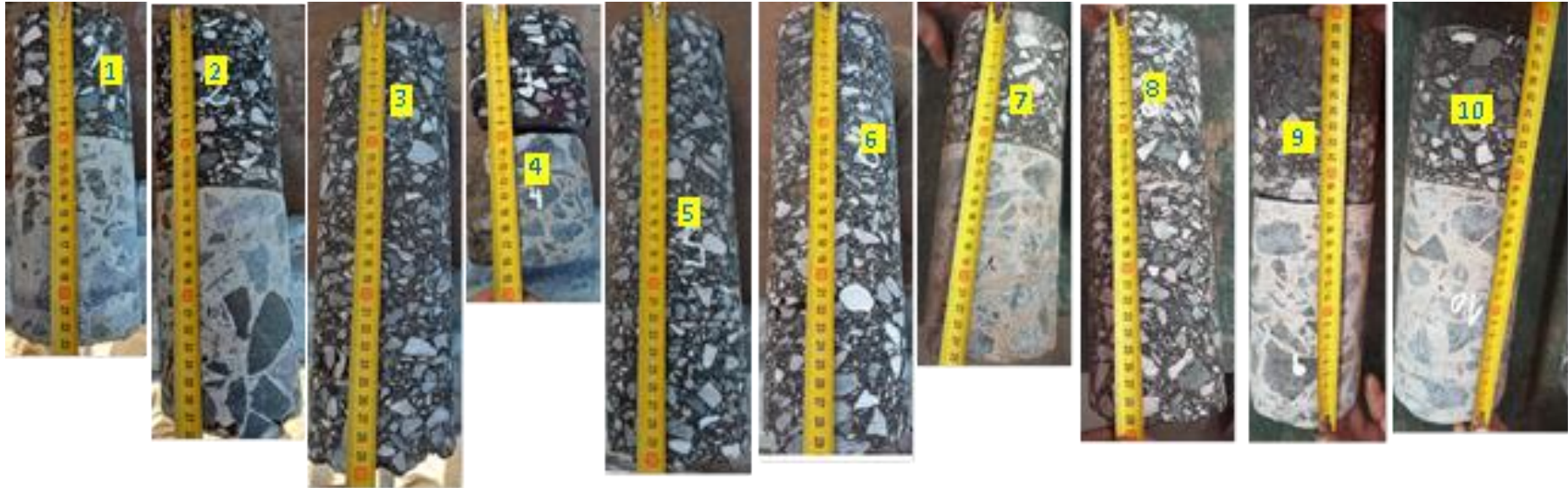
- Auscultación de los componentes de la estructura



## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.3. Evaluación estructural de las capas componentes del pavimento

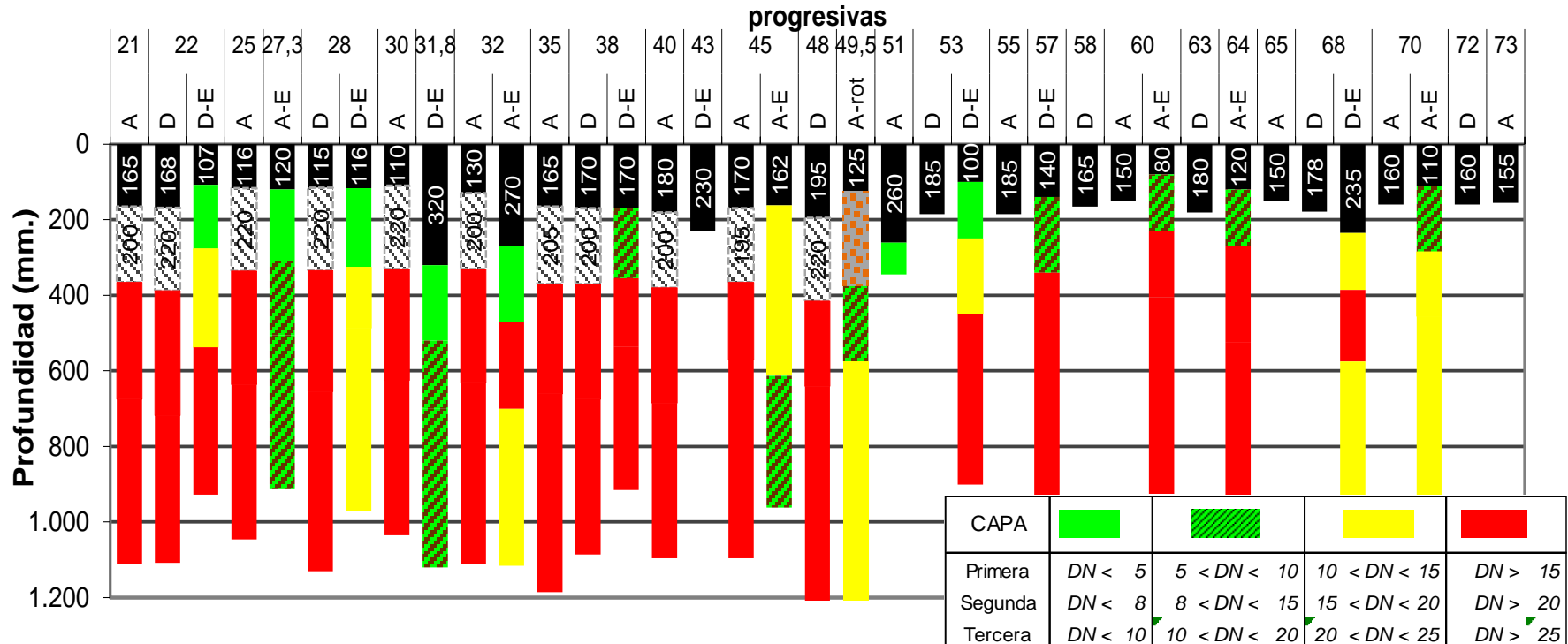
- Auscultación estructural    **Ensayos Destructivos**    **CALADOS Y DCP**



## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

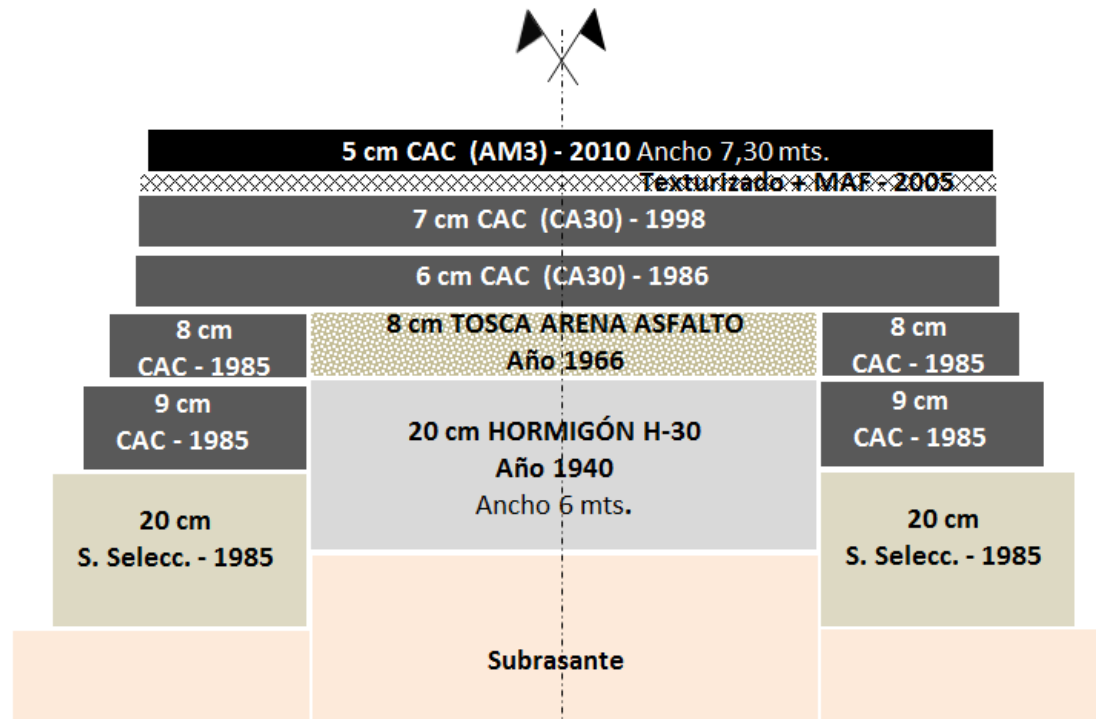
### 2.3. Evaluación estructural de las capas componentes del pavimento

- Auscultación estructural      **Ensayos Destructivos**      **CALADOS Y DCP**



## 2. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

### 2.4. Antecedentes de la estructura e intervenciones



### 3. CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

- 3.1. Identificación precisa del tipo de falla característica
- 3.2. Cuantificación de las tareas de preparación de la superficie a ejecutar (Bacheo, sellados, etcétera)
- 3.3. Evaluar la condición de las capas subyacentes no ligadas
- 3.4. Con toda esa información elaborar cómputos utilizando distintas técnicas de rehabilitación.
- 3.5. Realizar un balance económico de todas las alternativas

### 3. CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

#### CONDICIONES FAVORABLES

- En pavimentos de hormigón,
  - superficie a sanear < 5% de su superficie
  - más de un 70% de transferencia de carga en juntas y fisuras transversales.
- En pavimentos flexibles
  - Fisuración refleja de sus bases granulares cementadas
  - Capas asfálticas de rigidez elevada por oxidación del asfalto
  - Ahuellamiento bajo
  - Bajo porcentaje de baches profundos con pérdida de gálibo < 3%

### 3. CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEMBRANA S.A.M.I.

#### CONDICIONES DE NO APLICACIÓN

##### En pavimentos flexibles

- Capas asfálticas con fatiga del material. (fisuración en huella)
- Ahuellamiento importante > 12 mm

##### En pavimentos rígidos

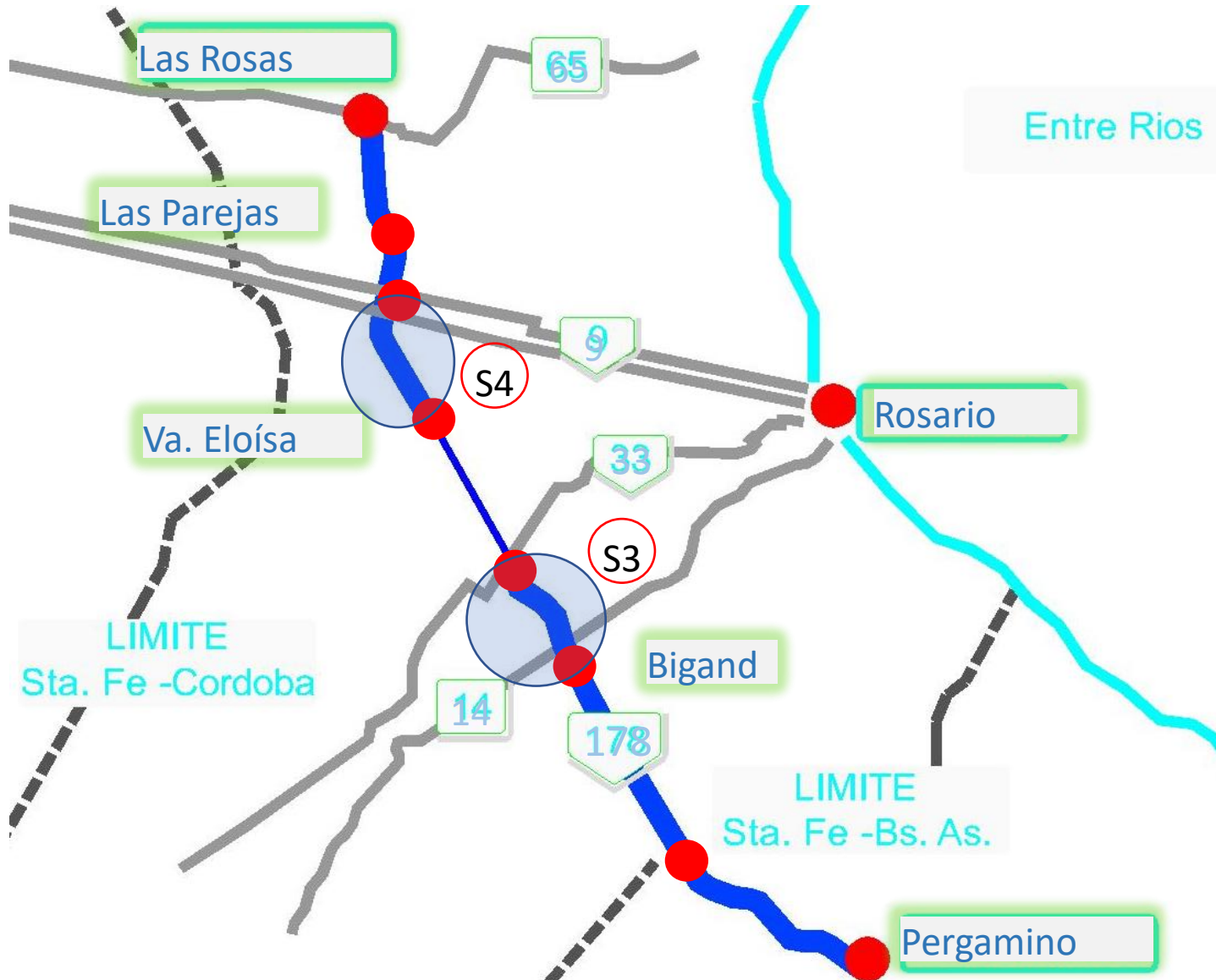
- Insuficiente transferencia de carga.
- Losas colapsadas en mas de un 5%
- Malas condiciones de las capas subyacentes

## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

La R.N. Nº 178 de Argentina, oficia de tercer anillo de Rosario, como importante enlace entre las principales vías de comunicación con la provincia de Buenos Aires y hacia el norte del país.







ASUNCIÓN  
2022

4. DESEMPEÑO

SECCIÓN 3. Estado



SECCIÓN 3

Fuertemente fisurado

Sin pérdida de gálibo

## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178


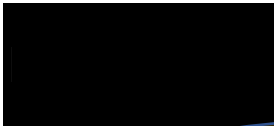
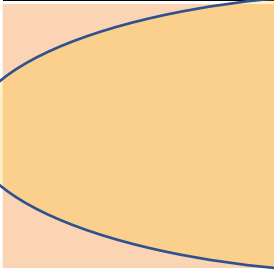

### Anteproyecto y Proyecto

- SECCIÓN 3

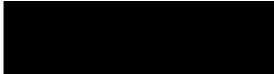
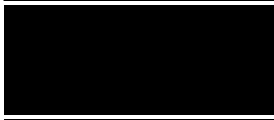
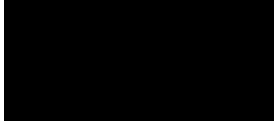

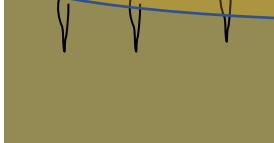
- Anteproyecto: Base Granular, en 15 cm, como control de reflexión de fisuras
- Proyecto: Bacheo de sectores puntuales con pérdida de gálibo. Membrana de Arena-Asfalto como preparación de la superficie

## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Sección 3. Anteproyecto y Proyecto

	Tipo	e (m)
	Concreto Asfáltico	0,06
	Concreto Asfáltico	0,07
	Base Granular	0,15
	Estructura Existente con alto grado de Fisuración	

### SECCIÓN 3. ANTEPROYECTO

	Tipo	e (m)
	Concreto Asfáltico	0,04 (*)
	Concreto Asfáltico	0,06
	Concreto Asfáltico	0,07
	Membrana SAMI de Arena Asfalto con CA-10	0,015
	Estructura Existente con alto grado de Fisuración	

(\*) sin ejecutar

### SECCIÓN 3. PROYECTO

#### 4. DESEMPEÑO EN SE

SECCIÓN 4. Estado superficial e



#### SECCIÓN 4

Fisuras en malla

Incipiente ahuellamiento

## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Anteproyecto y Proyecto

- SECCIÓN 4
  - Anteproyecto: Bacheo intensivo y sellado de fisuras
  - Proyecto: Bacheo de sectores puntuales con pérdida de gálibo y Membrana de Arena- Asfalto AM3 como preparación de la superficie

## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Sección 4. Anteproyecto y Proyecto

		Tipo	e (m)			Tipo	e (m)
		Concreto Asfáltico	0,05	Concreto Asfáltico	0,04 (*)		
		Estructura Existente con alto grado de Fisuración			Membrana SAMI de Arena Asfalto con AM3 (*)	0,015	
				Estructura Existente con alto grado de Fisuración			

SECCIÓN 4. ANTEPROYECTO

SECCIÓN 4. PROYECTO

## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Características de las mezclas de Arena Asfalto

COMPOSICIÓN	
TIPO DE ASFALTO	CA-10
PORCENTAJE DE ASFALTO (%)	7%
ARENA NATURAL (%)	23%
ARENA DE TRITURACIÓN 0-6 (%)	70%
PARÁMETROS MARSHALL TÍPICOS	
DENSIDAD (Kg/dm <sup>3</sup> )	2,26
VACIOS (%)	5,1
VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VAM) (%)	20
RELACIÓN BETÚN/ VACÍOS (%)	77
ESTABILIDAD (Kg)	510
FLUENCIA (mm)	2,28
RELACIÓN ESTABILIDAD FLUENCIA	2,236

#### SECCIÓN 3

COMPOSICIÓN	
TIPO DE ASFALTO	AM-3
PORCENTAJE DE ASFALTO (%)	7%
ARENA NATURAL (%)	19%
ARENA DE TRITURACIÓN 0-6 (%)	74%
PARÁMETROS MARSHALL TÍPICOS	
DENSIDAD (Kg/dm <sup>3</sup> )	2,273
VACIOS (%)	5,2
VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VAM) (%)	21
RELACIÓN BETÚN/ VACÍOS (%)	75
ESTABILIDAD (Kg)	681
FLUENCIA (mm)	2,48
RELACIÓN ESTABILIDAD FLUENCIA	2,755

#### SECCIÓN 4



## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Valoración estructural - FWD

#### SECCIÓN 3.

Ensayo FWD	D0c (1/1000 mm)	RCc (1/1000 mm)
<b>Previo a la rehabilitación</b>	<b>2025</b>	<b>29</b>
<b>Sobre Arena Asfalto</b>	<b>1615</b>	<b>40</b>
<b>Sobre 13 cm CA + Arena Asfalto</b>	<b>312</b>	<b>527</b>

#### SECCIÓN 4.

Ensayo FWD	D0c (1/1000 mm)	RCc (1/1000 mm)
<b>Previo a la rehabilitación</b>	<b>972</b>	<b>50</b>
<b>Sobre Arena Asfalto AM3</b>	<b>785</b>	<b>79</b>

## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Sección 3. Valoración estructural - desempeño

Se procedió a la comparación del Anteproyecto y Proyecto, mediante métodos empíricos - mecanicistas, de tensiones y deformaciones críticas, empleando el software BackVide

## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### SECCIÓN 3. PROYECTO (RETROCALCULADO C/ FWD)

Capa	Tipo	Altura (mm)	Módulo [MPa]	$\epsilon_t$ [μst] / $\epsilon_z$ [μst]	Nadm. x 10 <sup>6</sup>	Años
	CA	40	No ejecut.	-	-	> 50
	CA	60	2200	1	*****	> 50
	CA	70	2200	-107	45,86	> 50
	AA	15	1600	-131	201,57	> 50
	CA_E	40	300			
	EGC	120	630	276	54,83	> 50
	SAE	130	265	250	44,73	> 50
	SS	200	160	238	52,63	> 50
	SBR		57	268	15,82	26

### SECCIÓN 3. ANTEPROYECTO

Capa	Tipo	Altura (mm)	Módulo [MPa]	Nadm. x 10 <sup>6</sup>	Años
	CA	60	2200	*****	
	CA	70	2200	1,50	2
	EG	150	200	17,10	
	CA_E	40	300	>> 20	
	EGC	120	630	>> 20	
	SAE	130	265	5,89	
	SS	200	160	6,19	
	SBR		57	5,98	

$\epsilon_t$  [μst]: deformación de tracción /  $\epsilon_z$  [μst]: deformación de compresión / Nadm: solicitud admisible

## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Sección 3. Evaluación superficial - desempeño

Previo a las obras



Tres años en servicio



## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Sección 3. Evaluación superficial - desempeño

Previo a las obras

Tres años en servicio



## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Sección 3. Evaluación superficial - desempeño

Previo a las obras

Tres años en servicio



## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Sección 4. Evaluación superficial - desempeño

Previo a las obras



Tres años en servicio



## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Sección 4. Evaluación superficial - desempeño

Previo a las obras



Tres años en servicio





## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Aspectos a destacar de este trabajo

- Esta experiencia avala ampliamente su uso y los beneficios que de ella se derivan.
- Permitió recuperar estructuras, que por su estado, podrían considerarse como desechables o a ser tratadas con técnicas más radicales como el reciclado.
- La sencilla interposición de la membrana de arena asfalto en la Sección 4 fue altamente eficiente frente a las grandes cantidades de superficies de bacheo y de fisuras a sellar del anteproyecto.
- La colocación de estas capas de arena asfalto resulta muy sencilla, constructivamente.
- La adecuada elección de los materiales y del tipo de asfalto a utilizar resulta la clave del éxito de la utilización de esta técnica y merece la máxima atención.
- Es destacable el funcionamiento estructural del efecto de “fusión” o “interlocking” de los bloques por efecto de la aplicación de este tipo de capa.

## 4. DESEMPEÑO EN SERVICIO Y FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL - RN Nº 178

### Aspectos a destacar de este estudio

- Una de las tareas más delicadas es definir los sectores de bacheo. Los criterios de las inspecciones suelen ser muy conservadores en la fisuración en malla. Sólo en caso de pérdida del gálibo por inconsistencia estructural la superficie debe ser saneada.
- La disminución de la deflexión luego de colocada la membrana nos indica que actúa eficazmente intertabando la discontinuidad de la capa a rehabilitar.
- El planteo de alternativas de optimización de proyectos es un desafío de ingeniería en el que los profesionales proyectistas siempre debemos tener en cuenta.
- La continuidad en este tipo de intervenciones se traduce, en el tiempo, en obras viales más duraderas y, por lo tanto, más económicas.

## 5. OTRAS EXPERIENCIAS DE ARGENTINA A DESTACAR

RUTA PROVINCIAL N° 93. SANTA FE (RN N° 33, Firmat - RP N° 90, Melincué)

Previo a las obras

Dos años en servicio sólo algunas fisuras lineales



## 5. OTRAS EXPERIENCIAS DE ARGENTINA A DESTACAR

RUTA PROVINCIAL Nº 14. SANTA FE (RN Nº 8 – María Teresa)

Previo a las obras

Tres años en servicio: algunas fisuras aisladas



CAC DR12AM3	6 cm
CAC DB19 CA30	5 cm
AA-AM3	2 cm

## 5. OTRAS EXPERIENCIAS DE ARGENTINA A DESTACAR

### RUTA PROVINCIAL N° 6. SANTA FE (RN N° 19 – Salida San Carlos Sur)

- TMDA 2.600; 14% camiones. Pavimento de hormigón con fisuras transversales de diversas severidades. Más del 25% de las losas sin capacidad de actuar como placas y/o funcionar como superficie de rodamiento.
- En menor medida: escalonamiento y/o bombeo entre juntas y fisuras transversales, rotura de esquinas y de juntas, fragmentación en bloque y fisuras longitudinales.
- Con reparaciones en superficie con mezcla asfáltica, sobre sobre las losas existentes.

## 5. OTRAS EXPERIENCIAS DE ARGENTINA A DESTACAR

### RUTA PROVINCIAL N° 6. SANTA FE (RN N° 19 – Salida San Carlos Sur)

#### Obras de rehabilitación:

- **BACHEO PROFUNDO:** de estabilizado granular cementado, en sectores con fallas de la subrasante con remoción y reemplazo de losas; y reemplazo de bacheos existentes.
- **GEOGRILLAS:** En juntas y ensanche . En el ancho del carril en losas con fisuras severidad media / alta, (o fragmentación de bloques).  
78% de transferencia de carga (FWD)> al 70% mínimo recomendado
- **Sobrecancho para apoyo y compactación de capas:** Dados laterales de estabilizado granular con cemento.
- **Sangrías transversales,** cada 50 metros, para drenaje de zona de obra y mejora de las condiciones de capas no ligadas subyacentes.

## 5. OTRAS EXPERIENCIAS DE ARGENTINA A DESTACAR

### RUTA PROVINCIAL N° 6. SANTA FE (RN N° 19 – Salida San Carlos Sur)

A más de seis (6) años en servicio



## 5. OTRAS EXPERIENCIAS DE ARGENTINA A DESTACAR

### RUTA PROVINCIAL Nº 6. SANTA FE (RN Nº 19 – Salida San Carlos Sur)

A más de seis (6) años en servicio

Previo a las obras



Seis (6) años  
en servicio



CAC +AM3

6 / 7 cm

AA-AM3  
+ geogrilla

2 cm



## 5. OTRAS EXPERIENCIAS DE ARGENTINA A DESTACAR

### RUTA PROVINCIAL Nº 6. SANTA FE (RN Nº 19 – Salida San Carlos Sur)

A más de seis (6) años en servicio

Previo a las obras



Seis (6) años  
en servicio



CAC +AM3

6 / 7 cm

AA-AM3  
+ geogrilla

2 cm

## 5. OTRAS EXPERIENCIAS DE ARGENTINA A DESTACAR

### RUTA NACIONAL N° 11. SANTA FE (Km 366, Maciel – Km 413. Aº Colastiné)

- De las primeras rutas pavimentadas de Argentina, en el año 1934: 18 cm de hormigón y 6 m de ancho; con ensanches y sucesivas repavimentaciones hasta los actuales 21 cm de capas asfálticas sobre el hormigón original.
- Fisuración refleja de juntas del pavimento rígido subyacente y de posteriores ensanches.
- Ahuellamiento despreciable; sólo en zonas de frenado o detención de vehículos (cruces a nivel con FFCC, semáforos, lomos de burro).
- TMDA 1.800; 30% camiones; sin requerimiento estructural.

Cinco años en servicio.

- algunas fisuras transversales reflejas
- sin fisuras longitudinales, ni de ensanches (presentes previo a la obra).

## 5. OTRAS EXPERIENCIAS DE ARGENTINA A DESTACAR

RUTA NACIONAL N° 11. SANTA FE (Km 366, Maciel – Km 413. Aº Colastiné)



Previo a las obras



Cinco (5) años en servicio



MAC F10 AM3	3 cm
AA-AM3	1,5 cm

## 5. OTRAS EXPERIENCIAS DE ARGENTINA A DESTACAR

RUTA NACIONAL Nº 33 (Km 645, Murphy -Km 673, Acceso Chovet)

Repavimentación sobre una capa de Arena Asfalto con asfaltos modificados después de tres años como carpeta de rodamiento con excelente estado y comportamiento.



## CONCLUSIONES

- La técnica de Membrana tipo S.A.M.I. con Arena Asfalto es una buena y efectiva herramienta para rehabilitar pavimentos con alto grado de fisuración.
- Se debe contar con estudios previos de alta calidad y confiabilidad para el correcto diagnóstico en su aplicación.
  - Condición superficial evaluada con equipos de alto rendimiento
  - Valoración estructural a partir de deflexiones medidas con equipos acordes y confiables.
  - Calados, DCP, calicatas para complementar el diagnóstico estructural.
  - Conocimiento histórico de las distintas obras ejecutadas sobre el tramo en cuestión
- Este tipo de membrana mejora considerablemente el comportamiento mecánico de la estructura ya que actúa amortiguando la relación de los módulos de las capas intervinientes.
- La solución permite, además, reducir considerablemente la superficie a bachear y se elimina el sellado de fisuras.

## CONCLUSIONES

- Para la colocación de este tipo de membranas es obligatorio el uso de equipos de compactación estáticos.
- El uso de asfaltos modificados mejora significativamente el comportamiento de la membrana.

**MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN**



POR EL BUEN CAMINO