

**OPERACIONES DE CONSERVACION PARA AUMENTAR LA COMODIDAD Y  
SEGURIDAD DE LOS USUARIOS EN VIAS DE ALTA CAPACIDAD CON  
RODADURA DRENANTE.EXPERIENCIAS EN LA AUTOVIA DE LAS RIAS  
BAJAS.A-52 OURENSE.ESPAÑA**

A.GÜELL

Unidad de Carreteras,Ministerio de Fomento,Ourense,España  
aguecan@ciccp.es

J.NUÑEZ

Norcontrol-Soluziona S.A.,Madrid,España  
jnunez@soluziona.com

B.LOPEZ

Obras Caminos y Asfaltos O.C.A. S.A.,Ourense,España  
blg-betunesyfirmes@telefonica.net

J.GARDETA

ETS Ingenieros Caminos,Univ.Politenica,Madrid,España  
juangardeta@telefonica.net

**RESUMEN**

Dada la proliferación en la última década de carreteras con capa de rodadura drenante cada vez es mayor la preocupación de la Administración española de carreteras en los trabajos de conservación y reparación para responder a las crecientes demandas de comodidad y seguridad de los usuarios de las mismas. En la presente comunicación se analizan los trabajos de conservación desarrollados en la Autovía de las Rías Bajas A-52 por la Unidad de Carreteras del Estado en Ourense del Ministerio de Fomento.Los trabajos realizados han consistido, por un lado en una campaña de auscultación del firme de la mencionada Autovía realizada a lo largo de tres años con objeto de medir el coeficiente de resistencia al deslizamiento, la textura superficial y la permeabilidad “in situ” de la capa de rodadura drenante y su evolución a lo largo del tiempo.Asimismo se han realizado varias campañas de reparación del firme de dicha Autovía, mediante métodos de reparación que buscaban no disminuir los valores de resistencia al deslizamiento, textura y permeabilidad “in situ” obtenidos.En este trabajo se desarrollan los resultados obtenidos en la auscultación de los índices medidos.Asimismo se desarrollan los métodos de reparación efectuados, que dependen tanto del volumen de firme a reparar como de las condiciones de explotación de la vía.Por último se concluye con una comparación entre ambos métodos estudiando la textura y permeabilidad de las reparaciones efectuadas, recomendando un método de reparación de rodadura drenante respetuoso con los parámetros iniciales de la capa de rodadura para atender la demanda de seguridad y comodidad de los usuarios de la vía.

**PALABRAS CLAVE**

CONSERVACION /COMFORT /SEGURIDAD /TEXTURA /PERMEABILIDAD.

# **OPERACIONES DE CONSERVACION PARA AUMENTAR LA COMODIDAD Y SEGURIDAD DE LOS USUARIOS EN VIAS DE ALTA CAPACIDAD CON RODADURA DRENANTE. EXPERIENCIAS EN LA AUTOVIA DE LAS RIAS BAJAS. A-52 OURENSE. ESPAÑA**

## **1.- ANTECEDENTES.**

Una de las preocupaciones principales entre los técnicos de carreteras es la adherencia entre el neumático de los vehículos y el pavimento.

Las características del firme que contribuyen a la resistencia al deslizamiento y a la prevención de accidentes son las principales irregularidades superficiales correspondientes a las denominadas microtextura y macrotextura.

Para asegurar una buena adherencia neumático-pavimento se necesita una cierta microtextura o aspereza de la superficie del firme y además, a velocidades altas y con pavimento mojado debe tener una macrotextura suficientemente gruesa para que se pueda evacuar rápidamente el agua.

## **2.- OBJETO DEL ESTUDIO.**

Desde Mayo de 2001 hasta la actualidad la Unidad de Carreteras del Estado en Ourense ha realizado varias campañas de ensayos en la Autovía A-52 de las Rías Baixas en Ourense (España) para analizar tanto los valores de microtextura, macrotextura y permeabilidad de la mencionada Autovía, como su evolución a lo largo del tiempo.

Asimismo se han realizado varias campañas de reparación del firme de dicha Autovía, mediante métodos de reparación que buscaban no disminuir los valores de resistencia al deslizamiento, textura y permeabilidad "in situ" obtenidos. En dichas campañas se han comprobado entre las secciones reparadas y las contiguas los valores antes mencionados de coeficiente de resistencia al deslizamiento, textura superficial y permeabilidad in situ que han servido para estudiar la idoneidad de las reparaciones efectuadas.

Los ensayos de campo realizados han sido los siguientes:

- Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento (péndulo TRRL, según NLT-175/98).
- Textura superficial (Método de círculo de arena, según NLT-335/87).
- Permeabilidad in situ (Permeámetro LCS, según NLT-327/88).

Dichos ensayos completan los valores del Coeficiente de Rozamiento Transversal obtenidos por las campañas de SCRIM realizadas por la Dirección General de Carreteras en Febrero de 1999, así como los valores del Coeficiente de Pulimento

Acelerado (CPA) obtenidos durante la construcción de los diversos tramos de la mencionada Autovía A-52.

### 3.- METODOLOGIA DE LA CAMPAÑA DE AUSCULTACION.

Para la realización de este trabajo se ha seguido la siguiente metodología:

#### 3.1.- *Establecimiento de tramos homogéneos.*

Se han establecido 6 tramos homogéneos de acuerdo con los siguientes datos:

- Misma naturaleza de los áridos.
- IMD similares.
- Fecha de puesta en servicio del tramo de la Autovía.
- Trazado similar.

#### 3.2.- *Estudio de las características de las capas de rodadura de los diversos tramos.*

Dentro de los 6 tramos escogidos se han estudiado los siguientes aspectos:

- Características de los áridos utilizados en cada mezcla.
- Husos granulométricos empleados.
- CPA de los áridos.
- CRT obtenido en la campaña previa de SCRIM realizada.
- Tipo de ligante empleado en cada mezcla.

A continuación se relacionan los tramos escogidos y sus características:

Tabla 1.- Características de los tramos homogéneos.

TRAMO	SENTIDO	LONGITUD	TIPO DE MEZCLA	BETUN	ARIDOS
(219+640-218+000)	Ourense-Benavente	1640	Drenante PA-12	BM-3a	Silíceo
(208+900-209+380)	Benavente-Ourense	480	Drenante PA-12	BM-3a	Silíceo
(217+960-218+980)	Benavente-Ourense	1020	Drenante PA-12	BM-3a	Silíceo
(171+640-172+500)	Benavente-Ourense	860	Drenante PA-12	BM-3a	Cuarzo con Pizarra
(131+300-131+040)	Ourense-Benavente	260	Convencional D-12	B 60/70	Cuarcitas
(127+900-127+600)	Ourense-Benavente	300	Convencional D-12	B 60/70	Cuarcitas

Tabla 2.- Características de los tramos homogéneos.

TRAMO	SENTIDO	AÑO PUESTA EN SERVICIO	CRT (%)		TEXTURAS mm	
			Media	Rango	Media	Rango
(219+640-218+000)	Ourense-Benavente	1977	72	+/- 2	1,5	+/- 0,1
(208+900-209+380)	Benavente-Ourense	1977	83	+/- 2	1,4	+/- 0,1
(217+960-218+980)	Benavente-Ourense	1977	71	+/- 2	1,5	+/- 0,1
(171+640-172+500)	Benavente-Ourense	1988	66	+/- 2	1,3	+/- 0,1
(131+300-131+040)	Ourense-Benavente	1977	61	+/- 2	0,7	+/- 0,1
(127+900-127+600)	Ourense-Benavente	1977	63	+/- 2	0,9	+/- 0,1

Tabla 3.- Características de los tramos homogéneos.

TRAMO	SENTIDO	CPA ARIDOS	GRANULOMETRIAS TAMIZ (% QUE PASA)								
			20	12,5	10	5	2,5	0,63	0,32	0,16	0,08
(219+640-218+000)	Ourense-Benavente	0,49	100	82,0	65,0	21,0	13,0	8,6			6,0
(208+900-209+380)	Benavente-Ourense	0,49	100	81,0	64,0	20,0	12,0	8,4			5,8
(217+960-218+980)	Benavente-Ourense	0,49	100	81,0	65,0	20,0	13,0	8,5			8,9
(171+640-172+500)	Benavente-Ourense	0,48	100	84,0	70,0	18,0	15,0	11,0			4,8
(131+300-131+040)	Ourense-Benavente	0,51	100	88,0	77,0	56,0	40,0	21,0	15,0	11,0	8,1
(127+900-127+600)	Ourense-Benavente	0,51	100	87,0	77,0	55,0	41,0	20,0	15,0	10,0	7,5

### 3.3.- Seguimiento de la adherencia y drenabilidad de la Autovía.

Las campañas realizadas y el rango de temperaturas indicativas de las condiciones meteorológicas durante los trabajos de campo ha sido el siguiente:

- Campaña 1 – Mayo 2001 : de 20° a 40°.
- Campaña 2 – Noviembre 2001: de 10° a 15°.
- Campaña 3 – Mayo 2002: de 16° a 19°.
- Campaña 4 – Junio 2002: de 23° a 40°.
- Campaña 5 – Noviembre 2002: de 9° a 16°.
- Campaña 6 – Marzo 2003: de 7° a 28°.

Dentro de los tramos de ensayo se han realizado varias lecturas a partir de un p.k. determinado y en la dirección de la marcha del tráfico, en 10 perfiles separados 10 m cada uno. En cada perfil, en el carril “rápido” se tomaron 3 lecturas: la exterior la central y la interior.

#### 4.- ANALISIS DE TRAMOS HOMOGENEOS. ELECCION DE LOS PUNTOS DE ENSAYO.

De acuerdo con lo comentado anteriormente se han considerado los 6 tramos homogéneos siguientes.

Tabla 4.- Tramos homogéneos.

Punto	P.K.	Margen (Dirección calzada)	Tipo mezcla
1	219+640	Izquierdo (Vigo-Benavente)	Drenante PA-12
2	131+400	Izquierdo (Vigo-Benavente)	Convencional D-12
3	127+850	Izquierdo (Vigo-Benavente)	Convencional D-12
4	172+000	Derecho (Benavente-Vigo)	Drenante PA-12
5	209+000	Derecho (Benavente-Vigo)	Drenante PA-12
6	218+840	Derecho (Benavente-Vigo)	Drenante PA-12

#### 5.- RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE CAMPO.

En las páginas siguientes se adjuntan tablas de resumen de resultados, así como gráficos de evolución en los seis puntos anteriores.

Tabla 5.- Mediciones del Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento (Péndulo TRRL NLT 175/98)

AUTOVÍA DAS RÍAS BAIXAS A-52								
Evolución del Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento CRD (Péndulo TRRL, s/ NLT-175/98)								
Campaña	Fecha	Punto >	1	2	3	4	5	6
		Margen >	Izdo	Izdo	Izdo	Dcho	Dcho	Dcho
		PK >	219+640	131+400	127+850	172+000	209+000	218+840
		Tipo mezcla	PA-12	D-12	D-12	PA-12	PA-12	PA-12
		CPA >	0,49	0,51	0,51	0,48	0,49	0,49
		CRT (%) >	72	61	63	66	83	71
		Rango de Temperaturas (*)						
1	may-01	20°-40°	63,0	56,2	53,9	64,9	45,8	43,2
2	nov-01	10°-15°	64,3	61,3	57,0	71,8	42,3	40,9
3	may-02	16°-19°	63,0	61,7	65,3	62,7	59,0	54,2
4	jun-02	23-40°	65,5	66,4	56,4	62,7	56,8	63,2
5	nov-02	9°-16°	71,4	71,9	71,8	73,4	59,1	58,3
6	mar-03	7°-28°	64,2	74,1	74,2	69,6	65,1	59,8

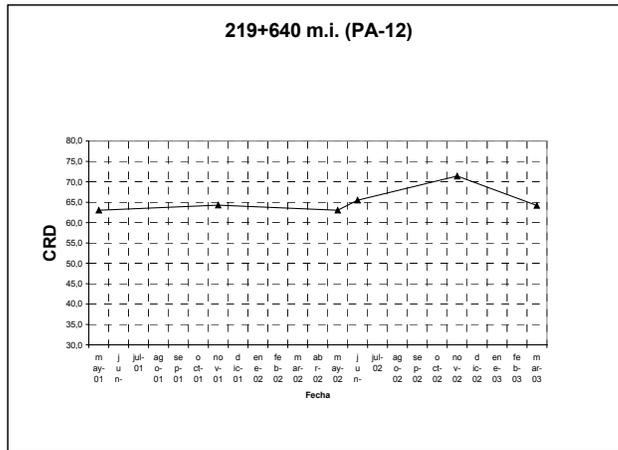


Figura 1- Gráfico de los valores del Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento p.k. 219+640 MI

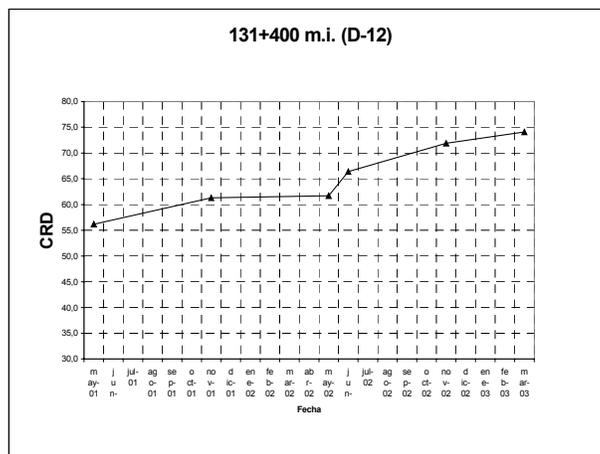


Figura 2- Gráfico de los valores del Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento p.k. 131+400 MI

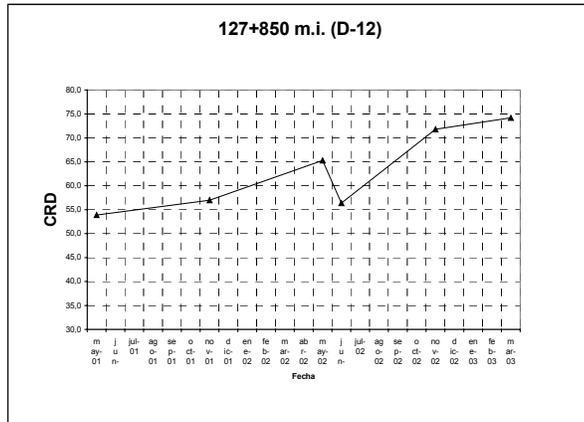


Figura 3- Gráfico de los valores del Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento p.k. 127+850 MI

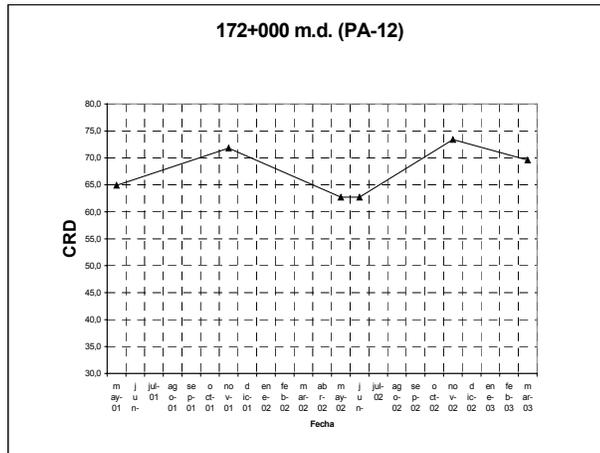


Figura 4- Gráfico de los valores del Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento p.k. 172+000 MD

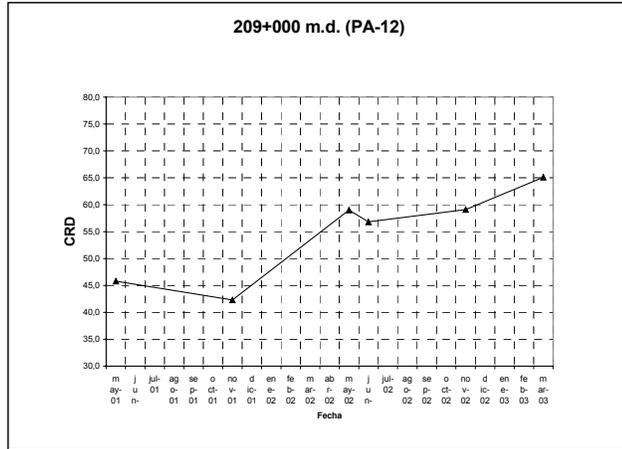


Figura 5- Gráfico de los valores del Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento p.k. 219+640 MD

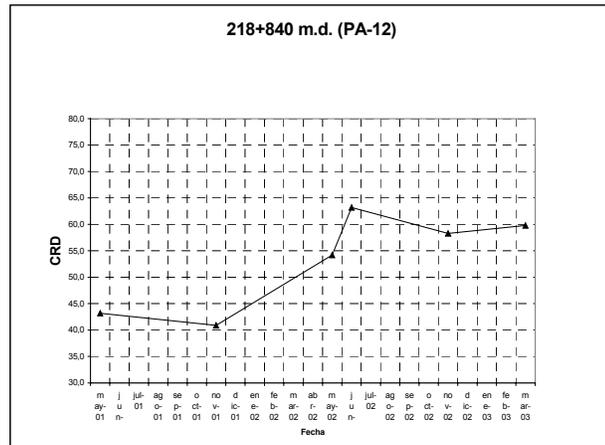


Figura 6- Gráfico de los valores del Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento p.k. 218+840 MD

Tabla 6.- Mediciones de textura superficial (Círculo de arena NLT 335/87)

AUTOVÍA DAS RÍAS BAIXAS A-52								
Evolución de la Textura Superficial (Círculo de la arena, s/ NLT-335/87)								
Campaña	Fecha	Punto >	1	2	3	4	5	6
		Margen >	Izdo	Izdo	Izdo	Dcho	Dcho	Dcho
		PK >	219+640	131+400	127+850	172+000	209+000	218+840
		Tipo mezcla	PA-12	D-12	D-12	PA-12	PA-12	PA-12
1	may-01	H (mm)=	2,313	0,386	0,414	2,259	1,844	1,772
2	feb-02		2,606	0,372	0,737	2,279	2,311	2,788
3	may-02		3,756	0,468	0,629	2,087	1,993	1,948
4	jun-02		4,636	0,517	0,611	1,603	2,421	2,075
5	nov-02		3,673	0,647	0,645	1,765	2,315	4,264
6	mar-03		4,074	0,576	0,602	1,841	2,156	1,966

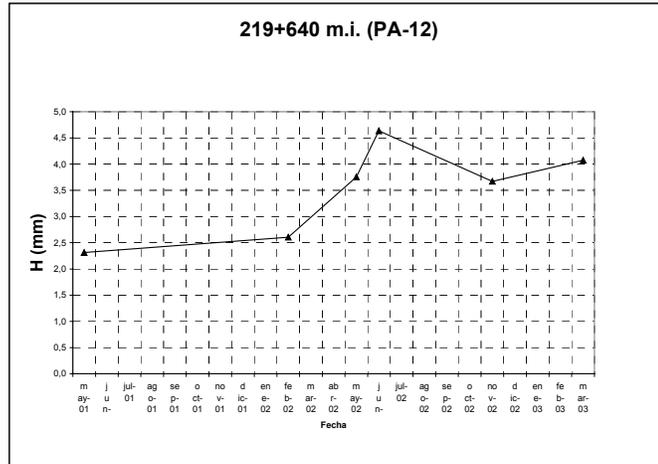


Figura 7- Gráficos de los valores de textura superficial p.k. 219+640 MI

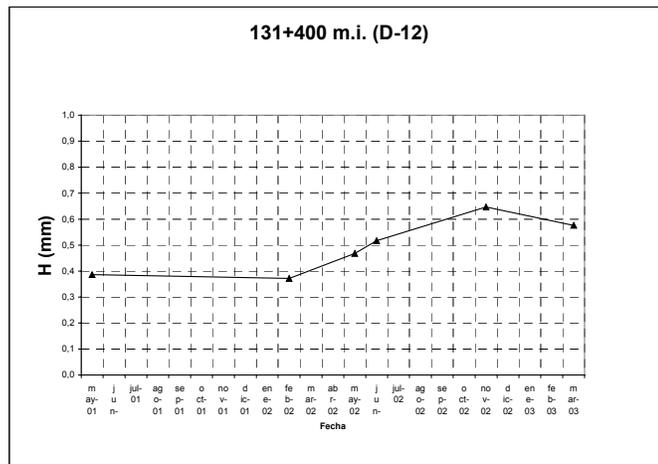


Figura 8- Gráficos de los valores de textura superficial p.k. 131+400 MI

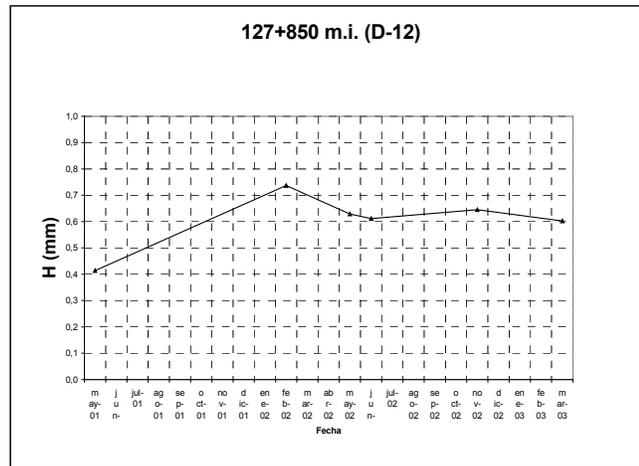


Figura 9.- Gráficos de los valores de textura superficial p.k. 127+850 MI

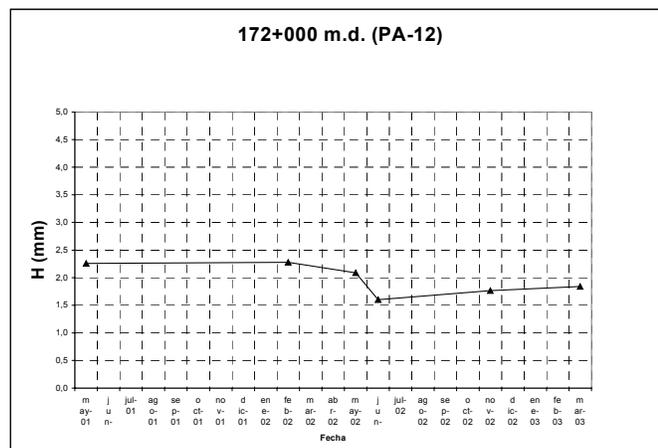


Figura 10.- Gráficos de los valores de textura superficial p.k. 172+000 MD

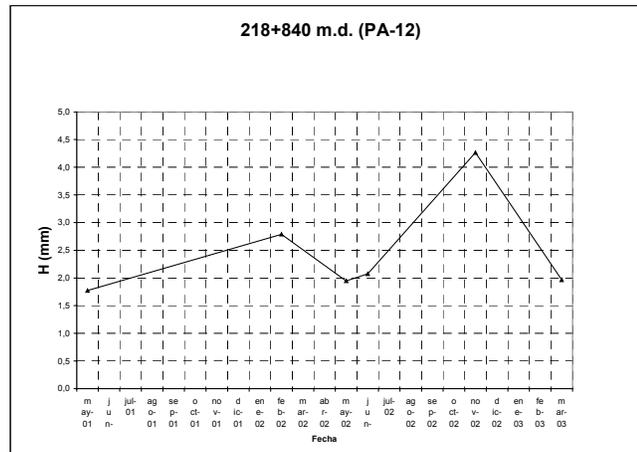


Figura 11.- Gráficos de los valores de textura superficial p.k. 218+840 MD

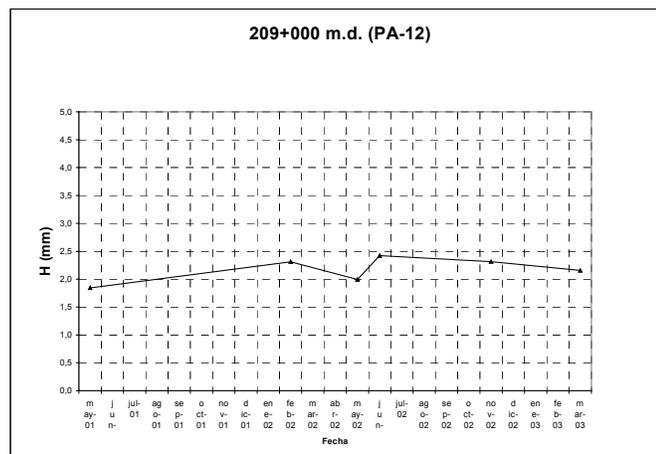


Figura 12.- Gráficos de los valores de textura superficial p.k. 209+000 MD

Tabla 7.- Mediciones de permeabilidad in situ (NLT-327/88)

<b>AUTOVÍA DAS RÍAS BAIXAS A-52</b>								
Evolución de la permeabilidad in situ (Permeámetro LCS, s/ NLT-327/88)								
Campaña	Fecha	Punto >	1	2	3	4	5	6
		Margen >	Izdo	Izdo	Izdo	Dcho	Dcho	Dcho
		PK >	219+640	131+400	127+850	172+000	209+000	218+840
		Tipo mezcla	PA-12	D-12	D-12	PA-12	PA-12	PA-12
1	May-01	K (cm/s*10 <sup>-2</sup> )=	35,46	-	-	38,83	11,89	12,75
2	Nov-01		35,16			31,95	10,99	14,11
3	May-02		83,71			16,63	19,33	13,48
4	Jun-02		56,51			12,75	10,94	14,46
5	Nov-02		117,65			19,09	20,60	19,52
6	Mar-03		77,64			20,80	23,32	19,54

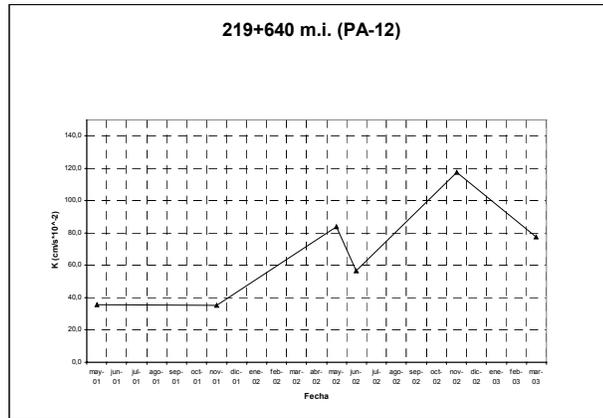


Figura 13.- Gráficos de los valores de permeabilidad “in situ” p.k. 219+640 MI

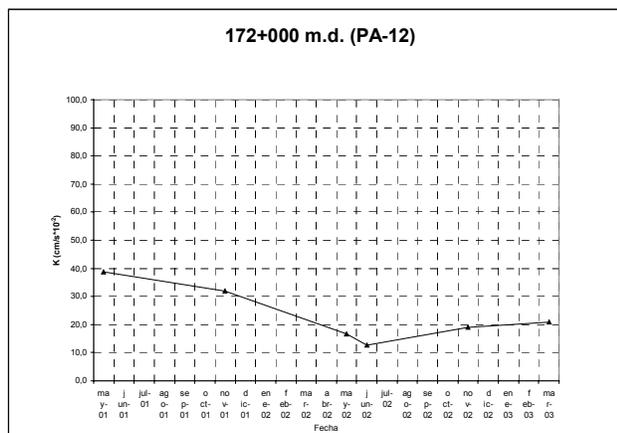


Figura 14.- Gráficos de los valores de permeabilidad “in situ” p.k. 172+000 MD

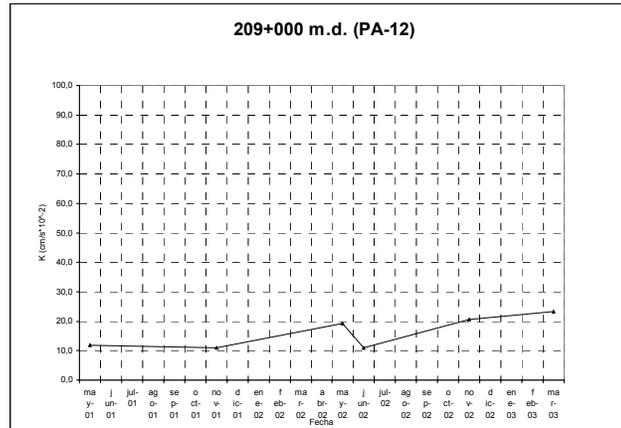


Figura 15.- Gráficos de los valores de permeabilidad “in situ” p.k. 209+000 MD

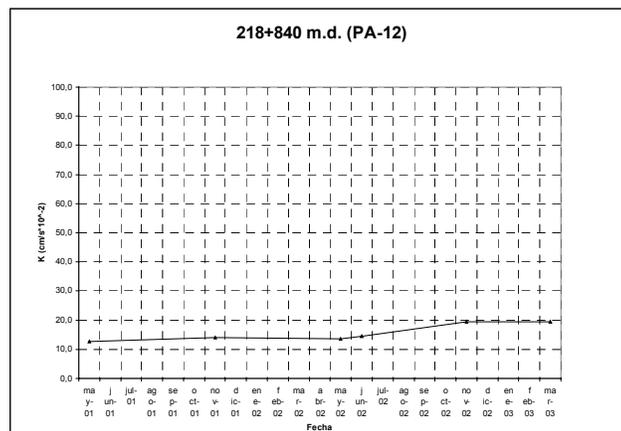


Figura 16.- Gráficos de los valores de permeabilidad “in situ” p.k. 218+840 MD

## 6.- REPARACIONES EFECTUADAS EN LA A-52.

En la Autovía A.52 se realizaron dos tipos de reparaciones en las rodaduras drenantes:

Reparación de la rodadura con mezcla bituminosa caliente drenante.  
Reparación de la rodadura con mezcla bituminosa semi-caliente.

### 6.1. *Reparaciones efectuadas con mezcla bituminosa caliente drenante.*

Para las reparaciones efectuadas se utilizó una mezcla drenante del tipo PA-12.

Los áridos utilizados en la fabricación de dicha mezcla fueron de naturaleza silícea que tienen un valor de CPA (NLT-174/93) de 0,51.

El betún utilizado fue un BM-3b de acuerdo con la Instrucción de Conglomerantes hidráulicos y ligantes hidrocarbonados del PG-3.

La emulsión asfáltica utilizada como riego de adherencia fue una ECR-2m de acuerdo con la mencionada instrucción.

Durante la ejecución de la obra se realizó un control de fabricación para comprobar la fórmula de trabajo.

Se siguió la siguiente secuencia para las reparaciones:

- Corte del pavimento con fresadora, evitando así la formación de finos que provoca el corte con radial, para evitar tupir los huecos de la mezcla drenante.
- Limpieza exhaustiva de la caja abierta con compresor para garantizar la eliminación de cualquier fino que pudiera saturar los huecos.
- Empleo de emulsión modificada ECR-2m.
- Organización de los tajos para conseguir que el aglomerado llegara a obra a la temperatura adecuada.
- Extensión y compactación de la mezcla drenante.

Tras la actuación realizada se realizaron varias campañas de ensayos en tres puntos para obtener:

- Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento (NLT-175/98).
- Textura superficial (NLT-335/87).
- Permeabilidad in situ (NLT-327/88).

estos valores obtenidos se compararon con los ensayados en secciones contiguas resultando los siguientes datos:

Tabla 8.- Valores de Coeficiente de resistencia al deslizamiento en reparaciones con mezcla drenante: péndulo TRRL (NLT 175/98)

P.K.	195+735 MD		227+775 MI		240+020 MI	
Campaña	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado
Nov. 2002	80,8	77,7	82,0	81,1	83,2	79,0

Tabla 9.- Valores de Textura superficial en reparaciones con mezcla drenante: círculo de arena (NLT—335/87)mm.

P.K.	195+735 MD		227+775 MI		240+020 MI	
Campaña	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado
Nov. 2002	1,74	1,76	1,50	1,57	2,31	1,41

Tabla 10.- Valores de Evolución de la permeabilidad en reparaciones con mezcla drenante (cm/s) x 10<sup>-2</sup>.

P.K.	195+735 MD		227+775 MI		240+020 MI	
Campaña	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado
Enero 2002	26,35	13,70	44,83	8,01	43,98	2,27
Nov. 2002	18,74	14,38	26,04	5,25	22,57	≈ 0

Como conclusiones a las campañas de ensayos realizadas en estas reparaciones se aprecian mayores valores de CRD en el pavimento nuevo que en el antiguo.

Asimismo los valores de macrotextura son similares antes y después de las reparaciones salvo en el punto p.k. 240+020 MI en el que la diferencia es notable.

Asimismo se aprecia una recuperación de la drenabilidad entre las zonas reparadas y no reparadas, con un notable descenso de los valores obtenidos a medida que el tráfico discurre sobre las secciones reparadas.

## 6.2. Reparaciones efectuadas con mezcla bituminosa semi-caliente.

Para las reparaciones efectuadas se utilizó una mezcla semi-caliente del tipo PA-10.

Los áridos utilizados en la fabricación de dicha mezcla fueron de naturaleza metamórfica (roca corneana) que tiene un valor de CPA (NLT 174/93) de 0,57.

La emulsión utilizada fue una ECMm de acuerdo con la Instrucción de conglomerantes hidráulicos y ligantes hidrocarbonados del PG-3.

La emulsión asfáltica utilizada como riego de adherencia fue del tipo ECR-2m de acuerdo con la mencionada Instrucción.

Durante la ejecución de la obra se realizó un control de fabricación para comprobar la fórmula de trabajo.

Se siguió la siguiente secuencia para las reparaciones:

- Fabricación de mezclas asfálticas semi-calientes formadas por la unión del árido calentado a 80° C y la emulsión asfáltica también caliente a 60° C.
- Almacenamiento de la mezcla asfáltica semi-caliente durante un máximo de 24 h hasta su extensión en las reparaciones.
- Corte del pavimento con fresadora, evitando así la formación de finos.
- Empleo de emulsión ECR-2m.
- Extensión y compactación de la mezcla semi-caliente a una temperatura mínima de 60° C.

Tras la actuación realizada se realizó una campaña de ensayos en tres puntos para obtener:

- Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento (NLT-175/98).
- Textura superficial (NLT-335/87).
- Permeabilidad en situ (NLT-327/88).

Estos valores obtenidos se compararon con los ensayados en secciones contiguas resultando los siguientes valores:

Tabla 11.- Valores de Coeficiente de resistencia al deslizamiento en reparaciones con mezcla semi-caliente: péndulo TRRL (NLT-175/98)

P.K.	229+300 MD		236+200 MD		189+050 MI	
Campaña	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado
Mayo 2003	56,4	49,8	47,7	46,8	51,9	52,7

Tabla 12.- Valores de Textura superficial en reparaciones con mezclas semi-calientes: círculo de arena (NLT-335/87) mm.

P.K.	229+300 MD		236+200 MD		189+050 MI	
Campaña	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado
Mayo 2003	1,40	1,51	1,42	2,04	1,01	1,81

Tabla 13.- Valores de Evolución de la permeabilidad en reparaciones con mezclas semi-calientes (cm/s) x 10<sup>-2</sup>.

P.K.	229+300 MD		236+200 MD		189+050 MI	
Campaña	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado	Reparado	No Reparado
Mayo 2003	5,02	6,12	10,17	16,13	No ensayado	9,35

Como conclusiones a esta campaña de ensayos realizada se aprecian mayores valores de CRD en el pavimento nuevo que en el antiguo y menor valor, aunque comparable en el p.k. 189+050 MI.

Asimismo, la macrotextura da unos valores muy diferentes entre las secciones reparadas y las secciones contiguas, ello es debido a que las mezclas semi-calientes presentan una menor capacidad de evacuación del agua que la mezcla drenante antigua.

Asimismo se aprecia una drenabilidad menor en las secciones reparadas frente a las secciones contiguas no reparadas.

Como colofón de este método habría que decir que las reparaciones presentan unos valores de textura razonables, aún cuando la permeabilidad de la reparación disminuye frente a las secciones contiguas sin reparar. De cara a futuras reparaciones siguiendo este método, que es notablemente más económico que el de reparar la capa de rodadura con mezclas drenantes, habría que diseñar mezclas más abiertas para intentar mejorar la permeabilidad en las zonas reparadas.

## 7.- CONCLUSIONES.

Los trabajos de auscultación del firme de la Autovía A-52 realizados durante los tres últimos años han servido para obtener valores del coeficiente de resistencia al deslizamiento, la textura superficial y la permeabilidad “in situ” de la capa de rodadura drenante, así como para estudiar su evolución a lo largo del tiempo.

Se han diseñado varias campañas de reparaciones en el firme de la A-52 con el objetivo de no disminuir los valores de resistencia al deslizamiento, textura y permeabilidad “in situ” obtenidos. Dichas reparaciones se han realizado, utilizando por un lado mezclas drenantes y por otro mezclas semi-calientes; mejorándose en ambos casos los estándares de calidad del firme de las secciones reparadas respecto de las secciones contiguas no reparadas, lo que proporciona a los usuarios de la vía mayor seguridad vial y mayor comodidad en la circulación, de acuerdo con los objetivos prefijados.

Por último, la Unidad de Carreteras del Estado en Ourense seguirá realizando campañas de ensayos en los tramos mencionados en este trabajo, para seguir analizando la evolución de los estándares de calidad del firme estudiados.

Asimismo, las campañas de reparación de firme que se realicen se someterán a ensayos “in situ” para garantizar que no disminuyan los estándares de calidad del firme, estudiando su evolución en el tiempo para poder escoger en cada caso el método de reparación del firme de la Autovía que mejor contribuya a aumentar la seguridad vial y comodidad de los usuarios de la vía.