

# PROYECTO ASFALTHIN. NUESTRA EXPERIENCIA CON MEZCLAS ULTRADELGADAS. TRAMOS DE OBRA

### **MARISOL BARRAL**

Jefa de I+D+i de Campezo obras y servicios s.a.  
mbarral@campezo.es

### **FRANCISCO GUISADO**

Gestor Asistencia Técnica y Desarrollo REPSOL  
Lubricantes y Especialidades  
francisco.guisado@repsol.com

### **JAVIER LOMA LOZANO**

Director de Tecnología y Desarrollo de Padecasa Obras y  
Servicios S.A.  
javierloma@padecasa.com

---

# PROYECTO ASFALTHIN. NUESTRA EXPERIENCIA CON MEZCLAS ULTRADELGADAS. TRAMOS DE OBRA

---

## RESUMEN

### 1. INTRODUCCIÓN

**E**n los últimos años se ha detectado la necesidad de establecer mecanismos y sistemas de conservación de los pavimentos de las carreteras debido a la insuficiencia de las medidas de conservación y al aumento del tráfico en las mismas.

Un porcentaje importante de las carreteras españolas tienen pavimentos con características superficiales inadecuadas, sin embargo, en muchos casos sin haber perdido las propiedades estructurales. Este desgaste afecta principalmente a la seguridad vial, al confort de los usuarios y a una mayor generación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, y si no se realiza una actuación sobre el pavimento la estructura de la carretera se verá afectada y podrían ser necesarias actuaciones más agresivas con un mayor coste económico y medioambiental. Si nos basamos en la evolución del sector industrial en objetivos como la economía circular y la sostenibilidad, debemos prometer el respeto al medio ambiente, el uso racional de los recursos naturales y un servicio socialmente aceptado.

Los pavimentos son productos que están sometidos a una progresiva degradación estructural por los agentes meteorológicos y por el tráfico de vehículos, lo que implica realizar constantes trabajos de rehabilitación durante su vida útil. Las mezclas bituminosas ultrafinas de AUTL pueden ser una alternativa adecuada para lograr los retos definidos anteriormente. Este tipo de mezclas bituminosas utilizadas en algunos países de la Unión Europea, han mostrado unas propiedades que permiten definir unos requi-

sitos normativos adaptados a la normativa europea para el mercado CE, cuyo resultado es la norma EN 13108-9 en la que se establecen una serie de propiedades que permitirán el mercado CE de este tipo de mezclas en los próximos años. La incorporación de esta nueva familia de mezclas bituminosas nos permite desarrollar materiales extendidos en pequeño espesor.

En el proyecto ASFALTHIN se ha trabajado sobre varias formulaciones de mezclas bituminosas ultradelgadas (AUTL), de acuerdo con los requisitos de la Norma UNE-EN 13108-9, para ser colocadas en pequeños espesores (entre 1 y 2 centímetros) y que cuenten con buen comportamiento y alta durabilidad. En esta comunicación se presentan los resultados obtenidos en los tramos de ensayo que han sido ejecutados durante la realización del proyecto con las formulaciones estudiadas en el mismo.

### 2. PROYECTO ASFALTHIN

El proyecto ASFALTHIN, aprobado por el CDTI a finales del 2017, se encuentra actualmente en su fase final. Los resultados que se han venido obteniendo durante el desarrollo del proyecto en las actividades de estudio y ensayos se han ido presentando en diferentes congresos y jornadas técnicas del sector. Por ello, esta comunicación se va a centrar en la experiencia adquirida y los resultados obtenidos en dos tramos de obra ejecutados por las empresas participantes Campezo y Padecasa para estudiar el comportamiento de estas mezclas ultradelgadas durante el proceso de fabricación y puesta en obra.

### 3. DISEÑO DE LAS MEZCLAS AUTL

Previamente a la ejecución de los tramos de obra, se realizó un diseño de las mezclas AULT a utilizar. Este estudio se basó en la experiencia adquirida durante el desarrollo del proyecto en lo relativo a las características de las materias primas, dosificación específica de los materiales, definición de los ensayos a realizar en la mezcla AUTL en función de las prestaciones finales deseadas y la tipología de mezcla. Todo ello, teniendo en cuenta las características del pavimento en el tramo donde se va a extender la mezcla ultradelgada y los requisitos deseados.



En el desarrollo del proyecto ASFALTHIN se han estudiado mezclas AUTL en un rango amplio de posibilidades o variantes, mezclas AUTL abiertas y cerradas, con diferentes tamaños máximo de árido, etc. En ambos tramos de obra, el objetivo final de la mezcla era la renovación de las características superficiales ya que el soporte sobre el que se extendió las mezclas AUTL es una mezcla bituminosa cerrada con áridos pulidos y con una regularidad superficial adecuada y otra con mezcla bituminosa abierta con bajo coeficiente de rozamiento y buena regularidad superficial. Por las características y ubicación de los dos tramos de obra, se han elegido mezclas AUTL cerradas, pero con diferente tamaño máximo de árido, contenido de huecos y macrotextura.

Los tramos han sido ejecutados en carreteras con diferentes características y solicitudes de tráfico, uno de ellos dentro de un entorno urbano en el túnel de una calle céntrica de salida de la ciudad

de Madrid (ejecutado por Padecasa) y el otro ha sido ejecutado en una autopista en el norte de España (ejecutado por Campezo), pudiendo valorar en un futuro su comportamiento en ambos casos.

### 4. TRAMOS DE ENSAYO

En el tramo de obra en zona urbana se ha utilizado una mezcla ultradelgada tipo AUTL 6 mientras que para la ejecución del tramo en la autopista se ha elegido una mezcla AUTL 8, en ambos casos siguiendo las formulaciones para mezclas densas estudiadas dentro del proyecto. El huso seguido, para cada uno de los tamaños elegidos y teniendo en cuenta la norma UNE EN 13108-9, es el siguiente:

TIPO DE MEZCLA	HUSO GRANULOMETRICO				
	11,2	8	5,6	2	0,063
AUTL 6		100	90-100	20-35	5-10
AUTL 8	100	90-100	-	20-35	5-10

#### 4.1. TRAMO DE OBRA EJECUTADO POR PADECASA.

El tramo de obra de Padecasa, se llevó a cabo los días 28 y 29 del mes de mayo de 2019 en horarios nocturnos en una actuación en un pavimento urbano dentro del túnel de Santa Maria de la Cabeza para el Ayuntamiento de Madrid, con una mezcla tipo AUTL 6. El tramo de obra tiene dos carriles de 3,5 metros y una longitud de 950 metros. En las siguientes fotografías puede comprobarse el estado previo y la macrotextura del pavimento:

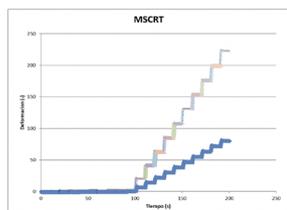


Se emplearon áridos de alta calidad, como son las corneanas procedentes de la cantera de Cycasa en Avila, empleando arenas tamaño 0/2 mm y gravín tamaño 3/6 mm. Estos materiales se utilizan de forma generalizada en las mezclas de rodadura por su bajo desgaste de Los Angeles y valores elevados

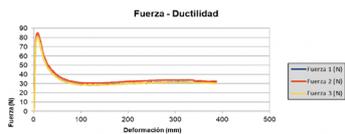
del coeficiente de pulimento acelerado, asegurando así las propiedades de resistencia y rozamiento en el pavimento.

Se utilizó un betún desarrollado por Repsol en el proyecto denominado PMB 45/80-65 Asfalthin I, especialmente diseñado con un nuevo concepto de modificación y composición, que permiten obtener una nueva tecnología de ligante modificados, admitiendo variabilidad en las temperaturas de fabricación, trabajo y compactación, asegurando las propiedades prestacionales de los ligantes en mezclas ultrafinas de pequeño espesor que resistan grandes esfuerzos tangenciales en superficie por lo que presentan propiedades de fuerza ductilidad superiores a 5 J/cm<sup>2</sup> y prestaciones reológicas potenciadas a altas temperaturas de servicio. Permite trabajar a menores temperaturas de fabricación entre 140-145 °C, temperaturas de inicio de compactación entre 130-135 °C y de finalización por >120 °C. Las principales características:

Propiedades	Norma	Unidad	Asfalthin I
Penetración, 25°C, 100g, 5s.	EN 1426	1/10 mm	49
Punto reblandecimiento	EN 1427	°C	74,4
Índice de penetración		s/u	4,4
Viscosidad Brookfield	AASTHO T316		
135°C		cP	1295
145°C		cP	777
165°C		cP	356
Fuerza ductilidad 5°C	EN 13589 Seguido EN 13703	J/cm <sup>2</sup> cm	6,3 >40
Retorno elástico por ductilidad	EN 13398	%	82
Grado PG	AASTHO M320 AASTHO T315		PG 76-28 H G*/sen δ: 3,59 KPa Jnr3.2: 2,5 KPa <sup>-1</sup> PG 82-28 S G*/sen δ: 2,48 KPa Jnr3.2: 6,9 KPa <sup>-1</sup> S:224 MPa y m: 0,302 a -18°C

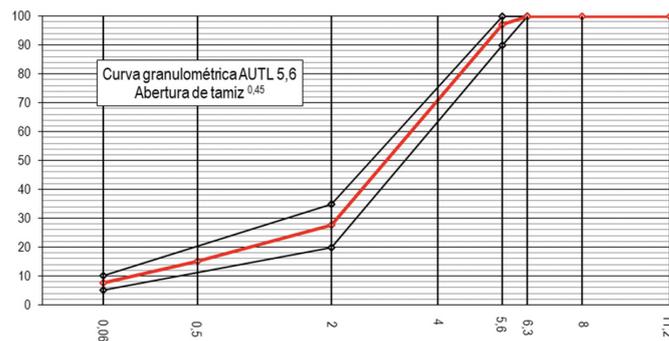


Resultado ensayo MSCRT del ligante PMB 45/80-65 Asfalthin I a 76 y 82°C, respectivamente



Resultado Ensayo Fuerza Ductilidad

Constituyente	Porcentaje
0-2 mm.	23,0
2-5,6 mm.	65,4
Filler aporte	5,0
Fibras celulosa	0,3
Betun PMB Asfalthin I	6,3



Tamices UNE (mm)	Curva, en % que pasa	Huso AUTL 6 (D)
8	100	100
5,6	97	90-100
4	57	
2	27	20-35
0,5	15	
0,063	7,6	5-10
% Ligante en mezcla	6,30	>6,1 (recomendación)
% Ligante en áridos	6,70	
Relación filler/betún	1,14	1,0-1,4 (Recomendación)



La composición teórica en producción de la mezcla, teniendo en cuenta las características de todos los materiales, fue la siguiente:

El riego de adherencia se realizó con una emulsión bituminosa modificada del tipo C60BP3 TER ASFALTHIN desarrollada por Repsol en el proyecto para asegurar una buena capacidad de adherencia con el pavimento sobre el que se extendió la mezcla AUTL y con propiedades ANTISTICK. Se aplicó una dotación homogénea de 600 g/m<sup>2</sup> en toda la superficie, previa colocación de la mezcla bituminosa, cuidando su curado previo al paso de vehículos sobre ella.

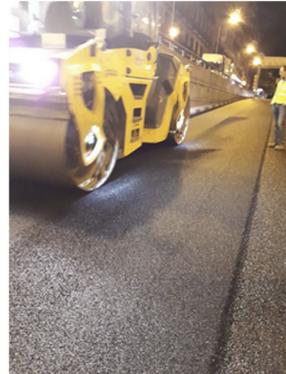


La fabricación de la mezcla se efectuó desde una planta Asfáltica ubicada en Algete (Madrid). Es una planta de fabricación de mezclas bituminosas discontinua, de la marca Intrame y modelo RM260. Se utilizaron 3 tolvas de alimentación de los áridos en frío, dos de ellas para el gravín y una para la arena.



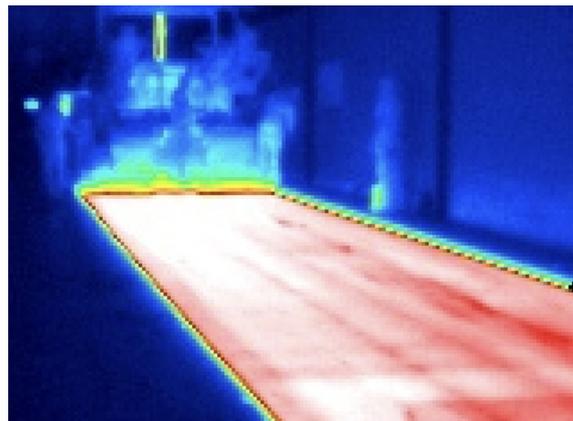
La fabricación de la mezcla se efectuó desde una planta Asfáltica ubicada en Algete (Madrid). Es una planta de fabricación de mezclas bituminosas discontinua, de la marca Intrame y modelo RM260. Se utilizaron 3 tolvas de alimentación de los áridos en frío,

dos de ellas para el gravín y una para la arena.



Dada la limitada altura del túnel, la mezcla se introdujo en un silo móvil de transferencia SB2500E para su homogeneización y posteriormente se introdujo en el túnel por medio de vehículos dumper de alta capacidad.

La mezcla AULT 6 se extendió en la obra en un espesor medio de 1,5 centímetros en una superficie aproximada de 10.000 m<sup>2</sup>. La ejecución de la obra no presentó ningún problema en cualquiera de sus fases, ya sea la preparación de la superficie y riego de adherencia, extendido de la capa y compactación de la mezcla. Durante el proceso de extendido se realizó un control termográfico de la mezcla, con temperaturas de compactación entre 140-145 °C.



Durante la ejecución de la obra se tomaron muestras de la mezcla para realizar el control de producción en fabrica de las materias primas y mezcla fabricada, así como la terminación en obra. Se realizaron los ensayos convencionales como son la granulometría, contenido de ligante, densidad máxima, densidad aparente, determinación de los huecos, sensibilidad

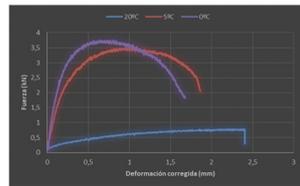
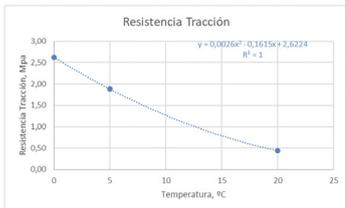
al agua, ensayo de rodadura y ensayos de tracción indirecta. Los resultados de los ensayos de control realizados fueron comparados con los obtenidos en el diseño a nivel de laboratorio y simplemente destacar que éstos fueron acordes con los esperados. Estos se resumen a continuación:

Mezcla tramo prueba Padecasa	AUTL 6
Temperatura de compactación, °C	150
Método de ensayo de compactación	Impactos
Número de golpes por cara	25
Densidad máxima medida $\rho_m$ g/cm <sup>3</sup>	2,457
Densidad, g/cm <sup>3</sup> sss	2,339
Contenido de huecos en mezcla, % (sss)	6,7
Relación de resistencia a tracción indirecta (ITSR), %	95

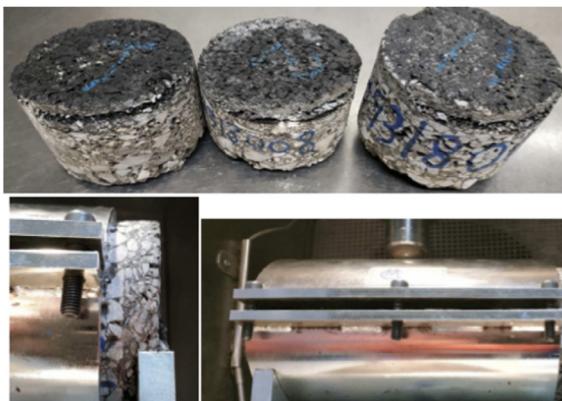
Del mismo modo se realizaron ensayos más específicos para determinar propiedades diferentes como son el ensayo de fisuración por flexión de probetas semi-circulares según norma UNE EN 12697-44 para la determinación de la tensión y la resistencia a la rotura:

Recorrido, mm	Fmax, Kgf	Altura, mm	Deformación unitaria, $\epsilon_{max,i}$ , %	Tensión max. $\sigma_{max,i}$ N/mm <sup>2</sup>	Resistencia rotura, $K_{rc, i}$ N/mm <sup>2</sup>	Temperatura compactación
1,5	278,2	48,9	3,1	1,6	9,4	140°C

y los ensayos de tracción directa UTST según norma UNE EN 12697-46 a 3 temperaturas (20°C, 5°C y -5°C) determinando su tenacidad y ductilidad.



En la obra se extrajeron testigos para valorar, con los ensayos normalizados de laboratorio, la adherencia entre las capas, determinando la carga máxima y deformación a rotura con los dos métodos de ensayo.



Respecto a la macrotextura final de la mezcla, se obtuvieron valores entre 1 y 1,1, observando que estos valores son debidos a la reducida altura del hueco superficial por el empleo de áridos con un tamaño máximo muy reducido (6 mm).



#### 4.2. TRAMO DE OBRA EJECUTADO POR CAMPEZO.

El tramo de obra de Campezo, se llevó a cabo el día 7 de mayo de 2020 en la autopista Irún-Bilbao (AP-8), en la calzada sentido decreciente entre los p.k. 62+050 y p.k. 61+665 del municipio de Mendaro (Gipuzkoa). El tramo de obra tiene una longitud de aproximadamente 387 metros lineales y de un ancho medio de 10.70 metros, siendo la superficie total de unos 4200 m<sup>2</sup>. La categoría de tráfico de la vía es TO.



Se fabricó una mezcla tipo AUTL 8 utilizando una arena 0-2 mm de naturaleza ofítica (árido fino) y un arrocillo de tamaño 4/8 mm de naturaleza siderúrgico (árido grueso). Los ensayos realizados para la caracterización de los áridos finos, fueron la densidad, absorción y equivalente de arena. Los áridos gruesos fueron de naturaleza siderúrgica, que aportan resistencia al conjunto de la estructura pétreo y características su-

PROYECTO ASFALTHIN.  
NUESTRA EXPERIENCIA CON MEZCLAS ULTRADELGADAS. TRAMOS DE OBRA

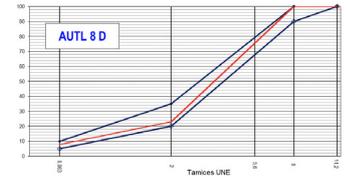
perforiales (resistencia al pulimento >65).



El betún utilizado fue fabricado por Repsol y se denomina PMB 45/80-75 Asfalthin II. Su aplicación en mezclas bituminosas en caliente permite la fabricación de mezclas ultrafinas a 165 °C, y extender y compactar la mezcla adecuadamente a temperaturas que van desde 160 a 145 °C hasta valores finales superiores a 130 °C. Sus principales características son las siguientes:

Propiedades	Norma	Unidad	Asfalthin II
Penetración, 25°C, 100g, 5s.	EN 1426	1/10 mm	45
Punto reblandecimiento	EN 1427	°C	91.4
Índice de penetración		s/u	5.34
	EN 13589		
Fuerza ductilidad 5°C	Seguido EN 13703	J/cm <sup>2</sup> cm	5.37 >40
Retorno elástico por ductilidad	EN 13398	%	86
Punto fragilidad Fraass	EN 12593	°C	-20
Grado PG	AASTHO M320 AASTHO T315		PG 82-22 E G*/sen δ: 7,1 KPa Jnr3.2: 0,45 KPa <sup>-1</sup> S:99,3 MPa y m: 0,304 a -12°C

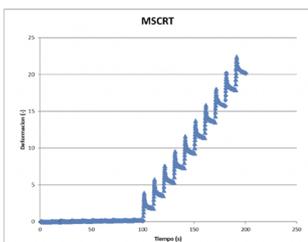
Constituyente	% s/m
0-2 mm.	20
4-8 mm.	76
Filler aportación	5
Fibras celulosa	0,4
Betún Asfalthin II	5,5



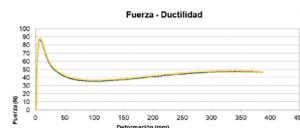
Tamices UNE (mm)	Curva, en % que pasa	Huso AUTL 8 (D)
11,2	100	100
8	100	90-100
4	26	
2	23	20-35
0,063	7,8	5-10
% Ligante en mezcla	5,60	>6,1 (recomendación, a corregir teniendo en cuenta la densidad del árido)
Relación filler/betún	1,34	1,0-1,4 (Recomendación)



La mezcla se fabricó desde la planta asfáltica de Andoain (Gipuzkoa), con una planta asfáltica discontinua, de la casa comercial de Intrame de 260 t/h, con doble línea de alimentación y almacenamiento de áridos para capas base o intermedias y para capas de rodadura. Las fibras se introdujeron a través de un dispositivo especial de incorporación de aditivos direc-



Resultado ensayo MSCRT del ligante PMB 45/80-75 Asfalthin II a 76°C



Resultado Ensayo Fuerza Ductilidad

La dosificación de materiales fue la siguiente:

tamente al mezclador.

La mezcla se fabricó a una temperatura entorno a los 170°C con el betún PBM 45/80-75 Asfalthin II desarrollado en el proyecto por Repsol, con la misma tecnología indicada anteriormente, pero con una composición diferente para conseguir el grado de modificación que corresponde al ligante modificado indicado.

El riego de adherencia se realizó con una emulsión tipo C60BP3 TER antistick plus de Repsol, con una dotación entre 500-600 g/m<sup>2</sup>, aplicada de forma completa y homogénea.

La maquinaria empleada en la obra fue una cisterna Rincheval, 2 extendedoras VÖGELE, S-1303-3i y S-1900-3i con regulación del tamper para mezclas ultradegadas, tres apisonadoras HAMM con sistema de incorporación de microincrustación de áridos finos y BÖMAG (2) así como un silo móvil de transferencia tipo SB2500D para realizar una homogeneización granulométrica y térmica de la mezcla durante el proceso de extendido.

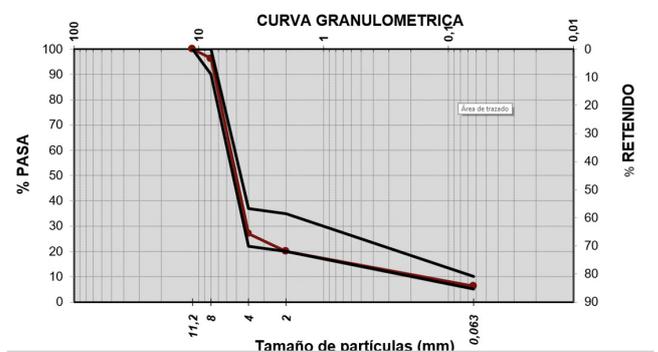


Durante la ejecución del tramo de obra se tomaron muestras de todos los materiales constituyentes y se realizaron muestreos de la mezcla fabricada para realizar el control de producción en fábrica, y verificar así su composición y características. Se llevaron a cabo los ensayos normalizados habituales para realizar el control de producción.



Los resultados obtenidos fueron conformes a los estudios previos del laboratorio, y se resumen a continuación:

Mezcla tramo prueba Campezo	AUTL 8
Temperatura de compactación, °C	160
Método de ensayo de compactación	Impactos
Número de golpes por cara	25
Densidad máxima medida $\rho_m$ , g/cm <sup>3</sup>	3,052
Densidad, g/cm <sup>3</sup> sss	2,761
Contenido de huecos en mezcla, % (sss)	9,6
Relación de resistencia a tracción indirecta (ITSR), %	98
Resistencia media (ITS) probetas húmedas, MPa:	1,143
Resistencia media (ITS) probetas secas, MPa:	1,164
Pérdida media de partículas 200 giros seco (%)	4,6
Pérdida media de partículas 200 giros húmedo (%)	4,4
Ensayo de rodadura, WTS	0,03



También se llevó a cabo el ensayo fénix, cuyos resultados fueron los siguientes:

	TEMPERATURAS (°C)		
	20	5	-5
Altura (mm)	33,8	33,6	34,1
Radio reducido (mm)	44,2	44,4	44,2
Diametro (mm)	101,6	101,6	101,6
Indicador de Rigidez (IRT) (Mpa/mm)	1,34	3,38	4,82
Energía total de rotura (Gd) (J/m <sup>2</sup> )	387	516	464
Tenacidad (T) (J/m <sup>2</sup> )	335	433	368
Indicador de tenacidad (IT) (mN)	450	204	97
Desplazamiento (d50pm) (mm)	1,68	0,70	0,45
Carga máxima (Fmax) (kN)	0,33	0,82	1,27
Resistencia a tracción (RT) (MPa)	0,22	0,55	0,84
Desplazamiento (dmax) (mm)	0,35	0,25	0,20
Desplazamiento de tenacidad (DT) (mm)	1,33	0,46	0,25

De igual forma se han comprobado otras propiedades importantes para asegurar un adecuado comportamiento de esta mezcla en la carretera, como son los

ensayos de tracción uniaxial a 3 temperaturas (20°C, 5°C y -5°C) según norma UNE EN 12697-46.

Recorrido, mm	Fmax, Kgf	Altura, mm	Deformación unitaria, $\epsilon_{max,i}$ , %	Tensión max. $\sigma_{max,i}$ N/mm <sup>2</sup>	Resistencia rotura, $K_{CL}$ , N/mm <sup>2</sup>	Temperatura compactación
1,2	474,1	52,9	1,32	2,51	14,8	160°C

o los ensayos de fisuración sobre probetas semicirculares según norma UNE EN 12697-44.

A continuación, se presentan una serie de fotografías del aspecto de la mezcla compactada y el espesor medio obtenido fue entorno a 1,7 cm.



## 5. CONCLUSIONES

Se han realizado 2 tramos de obra aplicando las formulaciones y criterios que se venían estudiando durante el desarrollo del proyecto de investigación, ASFALTHIN. Esta es una de las actividades más importantes que nos permiten verificar a escala industrial los resultados obtenidos en todos los trabajos realizados durante el proyecto.

En ambos casos, las mezclas han tenido un comportamiento extraordinario, tanto en las operaciones de fabricación en las plantas, durante el proceso de extendido o mientras se ha efectuado la compactación en la obra. Se ha podido comprobar que los espesores teóricos objetivo iniciales se han conseguido sin problemas aparentes.

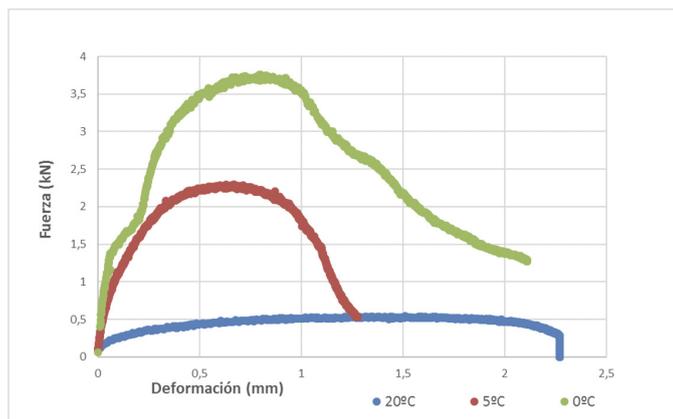
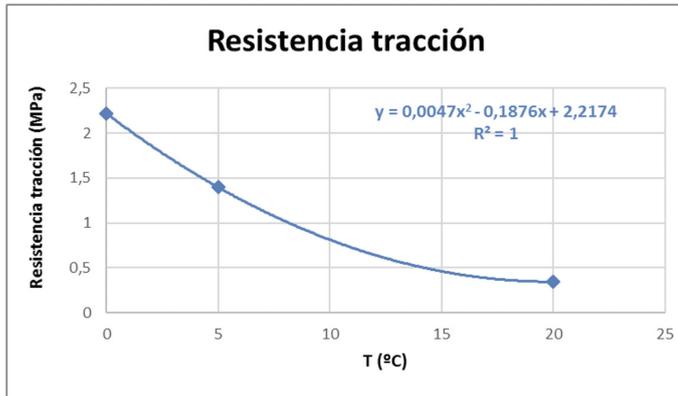
Las emulsiones de adherencia desarrolladas en el proyecto han funcionado correctamente, no observando que fuesen retiradas por el paso de los vehículos de la obra, ni siquiera a los pocos minutos tras su aplicación.

Se ha comprobado la coincidencia de los resultados obtenidos en los trabajos de laboratorio con las muestras realizadas en la obra, verificando así las propiedades previstas.

La experiencia acumulada durante la ejecución de los tramos de ensayo debe apoyar las conclusiones resultantes para el proyecto de investigación.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Repsol, Padecasa y Campezo como miembros del consorcio, desean expresar su agradecimiento al CDTI, bajo cuya co-financiación se está desarrollando las actividades de este proyecto ASFALTHIN (IDI-20171118).



Las macrotextura medida en el tramo de obra de la mezcla AUTL 8 nos arrojó un valor medio de 1.5 y CRD medio en la calzada de 77 (con microincrustación) y en el arcén (sin microincrustación) un valor promedio de 73.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Kragh J., Nielsen E, et al., OPTHINAL project.** Optimization of Thin Asphalt Layers. March 2011.
- [2] **Observatoire des Techniques de Chaussées.** Betons bitumineux tres minces et ultra-minces, SETRA, Avril 1997.
- [3] **Newcomb D.** Thin asphalt overlays for pavement preservation, NAPA Information series 135.
- [4] **Thinlays:** the pavement preservation tool of choice. NAPA, May 5, 2014
- [5] **Valdes G., Perez-Jiménez F., Botella R.,** Ensayo Fénix, una nueva metodología para medir la resistencia al a fisuración en mezclas asfálticas. Revista de la construcción, vol. 8, nº 1, pp114-125, 2009
- [6] **Perez-Jiménez F., Valdes, G. et al.,** Criterios y especificaciones para el uso del ensayo fénix en el diseño de mezclas bituminosas tipo AC, comunicación 27, IX Jornada nacional de Asefma 2014.
- [7] **Valdes G., Botella R., et al.,** Aplicación del ensayo fénix para dosificar mezclas resistentes al fallo por fatiga. Comunicación 20, V Jornada Nacional de Asefma 2010.