

Nuevo ensayo para la caracterización y control de la ejecución de capas asfálticas ultradelgadas. Aplicación a la evaluación de la adherencia entre capas

Félix Pérez-Jiménez,
edmundo.perez@upc.edu

Rodrigo Miró,
r.miro@upc.edu

Adriana Martínez,
Adriana.martinez@upc.edu

Marisol Barral,
mbarral@campezo.com

Javier Loma,
javierloma@padecasa.com

La caracterización de las mezclas ultradelgadas (AUTL) debe realizarse considerando el sistema global constituido por la propia mezcla y su adherencia a la capa soporte. Para poder llevar a cabo su caracterización en este sentido, el Laboratorio de Caminos de la Universitat Politècnica de Catalunya ha desarrollado un nuevo ensayo, de forma que puedan ensayarse probetas formadas por dos capas (ultradelgada y soporte), obtenidas a partir de una probeta o de un testigo cilíndrico extraído de la obra realizada.

Se han propuesto dos configuraciones de ensayo, una dirigida a la evaluación de la resistencia a la fisuración del sistema aplicado y otra dirigida a valorar su adherencia. Estas configuraciones son una variante del ensayo Fénix y, como éste, se basan en someter la mezcla a evaluar a un proceso de carga por tensión para valorar la resistencia a la fisuración de la capa ultradelgada o su despegue de la capa soporte, así como las energías asociadas a ambos procesos, a diferentes temperaturas.

En este trabajo se recogen los primeros resultados obtenidos para evaluar la adherencia de una capa ultradelgada a la capa soporte, al aplicar este nuevo ensayo sobre probetas fabricadas en el laboratorio con el compactador de rodillo metálico. Los ensayos se han realizado en tres laboratorios diferentes: Campezo, Padecasa y el Laboratorio de Caminos de la UPC, coordinados por éste último, con objeto de evaluar la reproducibilidad del ensayo.

Palabras Clave: Mezclas ultradelgadas (AUTL); Adherencia entre capas; Ensayos de caracterización; Control de ejecución.

The characterisation of Asphalt Ultra-Thin Mixtures (AUTL) must be carried out considering the global system constituted by the mixture itself and its adherence to the supporting layer. In order to characterise them, the Road Research Laboratory of the Universitat Politècnica de Catalunya has developed a new test, so that specimens consisting of two layers (ultrathin and support) can be tested, obtained from a cylindrical specimen or core extracted from the work carried out.

Two test configurations have been proposed, one aimed at evaluating the cracking resistance of the applied system and the other at assessing its adherence. These configurations are a variant of the Fénix test and, similarly, are based on subjecting the mixture to be evaluated to a tensile loading process to assess the cracking resistance of the thin layer or the debonding resistance from the supporting layer, as well as the energies associated with both processes, at different temperatures.

This work reports the first results obtained to evaluate the adherence of an ultra-thin layer to the supporting layer, by applying this new test on specimens manufactured in the laboratory with the metal roller compactor. The tests have been carried out in three different laboratories: Campezo, Padecasa and

Nuevo ensayo para la caracterización y control de la ejecución de capas asfálticas ultradelgadas. Aplicación a la evaluación de la adherencia entre capas

the UPC Road Research Laboratory, coordinated by the latter, in order to evaluate the reproducibility of the test.

Keywords: Asphalt Ultra-Thin Layers (AUTL); Interface adherence; Characterization tests; Control of the execution

1. INTRODUCCIÓN

Una actuación de conservación cada vez más utilizada para mejorar o restaurar las características superficiales de firmes de carreteras que poseen una capacidad estructural y una regularidad superficial adecuadas es el extendido de capas de mezclas bituminosas de muy pequeño espesor. Esta técnica permite mejorar la resistencia al deslizamiento, y aportar una ventaja adicional desde el punto de vista estructural, puesto que, al sellar las fisuras superficiales, estas capas impermeabilizan el firme y en consecuencia, pueden contribuir a extender la vida útil de toda la estructura.

Estas mezclas conocidas como AUTL (del inglés Asphalt for Ultra-Thin Layer) tienen tamaños máximos de árido relativamente pequeños y granulometrías generalmente discontinuas, con las que se pueden obtener capas con espesores entre 1 y 2 cm, figura 1, con una amplia gama de texturas en función de la granulometría seleccionada, que pueden usarse en función de los requerimientos específicos de cada vía, si bien en todos los casos se persiguen objetivos similares: seguridad, comodidad y sostenibilidad.

La aplicación de este tipo de mezclas ultradelgadas suele hacerse conjuntamente con la de un riego de adherencia con una emulsión de betún altamente modificado y dotaciones elevadas, con objeto de sellar la capa

soporte y asegurar la adherencia entre capas. De hecho, la norma UNE-EN 13108-9 [1], indica explícitamente que “el método de adherencia es una parte esencial del proceso y el producto final es una combinación del sistema de adherencia y de la mezcla bituminosa”.

La caracterización de las mezclas ultradelgadas suele realizarse a partir de la determinación del contenido de huecos, la sensibilidad al agua y resistencia a la fricción. Sin embargo, este procedimiento de caracterización no tiene en cuenta propiedades tan importantes de estas mezclas como la resistencia a la fisuración, ni tampoco la adherencia de la mezcla al soporte [2, 3]. Además, como se ha indicado anteriormente, su respuesta y comportamiento está condicionado por el tipo y dotación del riego de adherencia y de la ejecución de ambos, riego y capa.

Al considerar los ensayos que puedan caracterizar las mezclas ultradelgadas aparece una nueva limitación: la dificultad de ensayar probetas o testigos de espesor tan reducido. Esto hace que los ensayos habitualmente utilizados para evaluar la resistencia a la fisuración de la mezcla y la adherencia de esta al soporte, no puedan aplicarse de forma convencional.

Un claro ejemplo de esta limitación lo constituyen los ensayos de corte mayoritariamente utilizados para evaluar la adherencia entre capas. Las mordazas tipo guillotina utilizadas en los ensayos como el de Leutner (o cual-



Figura 1. Extendido de una capa ultradelgada y detalle del espesor (Fotos: Sorigué)

quiera de sus adaptaciones), no permiten la correcta sujeción de capas de 1 ó 2 cm, por lo que muchas normativas exigen espesores mínimos de capa; por ejemplo, en la NLT-382/08, cuyo dispositivo B está recogido en el borrador de la pre-norma europea prEN 12697-48, se exige un espesor mínimo de 2.5 cm.

Por tanto, es necesario caracterizar las mezclas ultradelgadas, entendidas como un sistema global mezcla-adherencia, a partir de probetas o testigos bicapa formados por la mezcla ultradelgada adherida a la capa soporte. Para ello, el Laboratorio de Caminos de la Universitat Politècnica de Catalunya ha implementado un nuevo ensayo, basado en el ensayo Fénix [4]. En este trabajo se recoge la configuración adoptada para el nuevo ensayo, así como los resultados obtenidos al aplicarlo a la evaluación de la adherencia de la mezcla ultradelgada a la capa soporte.

2. NUEVO ENSAYO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA MEZCLA-ADHERENCIA CON MEZCLAS ULTRADELGADAS

Para caracterizar el sistema mezcla-adherencia cuando se utilizan mezclas ultradelgadas se ha desarrollado un nuevo ensayo, de forma que puedan ensayarse probetas formadas por dos capas (ultradelgada y soporte), obtenidas a partir de una probeta o un testigo cilíndrico extraído de la obra realizada.

Estas capas son aplicadas normalmente sobre firmes fisurados y envejecidos y con ellas se busca sellar y puentear las grietas, impermeabilizar el firme mejorar su calidad de rodadura y renovar sus características superficiales. El sistema aplicado debe tener una respuesta dúctil y tenaz para cubrir y puentear las fisuras, evitando su propagación, y adherirse bien a la capa soporte, para evitar su desprendimiento.

A partir de las probetas o testigos cilíndricos extraídos se han propuesto dos tipos de ensayo, uno dirigido a la evaluación de la resistencia a la fisuración del sistema aplicado y el otro dirigido a valorar su adherencia [5]. Estos ensayos son una variante del ensayo Fénix [6, 7] y, como éste, se basan en someter la mezcla a evaluar a un proceso de carga por tensión para valorar la resistencia a la fisuración de la capa ultradelgada o su despegue de

la capa soporte, así como las energías asociadas a ambos procesos, a diferentes temperaturas. Esto lleva un proceso especial de corte para convertir los testigos en probetas prismáticas y unos procedimientos de ensayo diferentes, de acuerdo con la propiedad medida, que se describen a continuación.

Elaboración de las probetas de ensayo

Mediante serrado, se realizan dos cortes paralelos a un diámetro de la probeta o testigo cilíndrico, a ambos lados del mismo, y otros dos paralelos al diámetro perpendicular, de forma que se deje una planta cuadrada, de 6x6 cm² aproximadamente, figura 2. Los lados de la planta de la probeta prismática resultante, serán ligeramente inferiores al ancho de las placas metálicas del ensayo Fénix sobre las que la probeta se pegará para su ensayo, siguiendo el mismo procedimiento del ensayo Fénix.

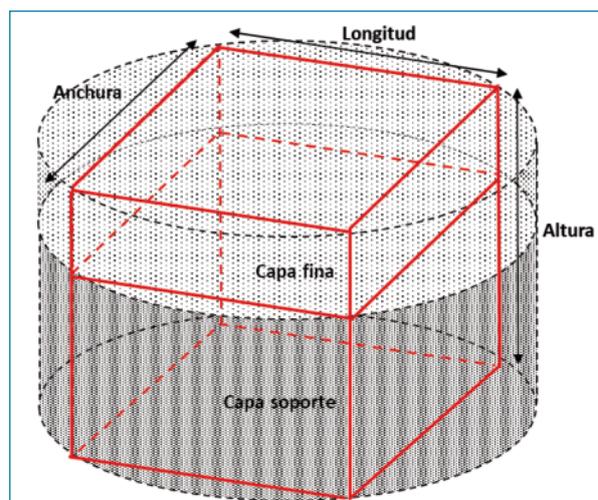


Figura 2. Obtención de una probeta prismática a partir de una probeta o testigo cilíndrico bicapa

La capa soporte, que en la probeta o testigo original puede tener un espesor variable, se cortará para dejarla con un espesor de 3 ± 0.2 cm, mientras que la capa ultradelgada se dejará con su espesor original. El espesor de ambas capas se medirá antes de proceder al ensayo de la probeta.

Este tipo de probetas prismáticas puede también ob-

Nuevo ensayo para la caracterización y control de la ejecución de capas asfálticas ultradelgadas. Aplicación a la evaluación de la adherencia entre capas

tenerse directamente a partir del serrado de placas bicapa fabricadas en el laboratorio con el compactador de rodillos.

El ensayo de las probetas prismáticas bicapa podrá hacerse a partir de dos configuraciones de ensayo, en función de si se desea evaluar la ductilidad y tenacidad de la mezcla ultradelgada, o si se desea evaluar la adherencia de la capa ultradelgada al soporte.

Evaluación de la resistencia y ductilidad de la mezcla ultradelgada

Para evaluar la resistencia y ductilidad de la mezcla ultradelgada, antes de pegar la probeta a las placas por la capa fina, se habrá realizado una ranura de 3 ó 4 mm de ancho en la capa soporte, figura 3. Esta ranura estará situada en el medio de la capa, perpendicularmente a la base plana cortada, y alcanzará todo el espesor de esta capa (hasta penetrar ligeramente en la capa fina). La ranura ha de quedar coincidente y en el mismo plano que la separación entre las placas metálicas.

Evaluación de la adherencia de la capa ultradelgada al soporte

Para evaluar la adherencia de la capa ultradelgada al soporte, la ranura se hará en la capa fina, en toda su profundidad, perpendicularmente a la base cortada, de forma análoga a la descrita anteriormente, figura 4. La probeta se pegará a las placas metálicas por la superficie de la capa fina, al igual que el caso anterior.

En este caso, la capa soporte se confinará con unos pernos y unas pretinas para evitar su deformación, tal como se indica más adelante.

En cualquiera de las dos configuraciones de ensayo, debe evitarse que el adhesivo utilizado para pegar la probeta a las placas puentee la separación entre las placas, formando una película continua adherida a la capa fina. Para ello se recomienda poner el adhesivo sobre las placas, evitando llegar hasta el mismo borde de cada placa (dejando un pequeño margen). El ensayo puede realizarse a diferentes temperaturas, siendo recomendable

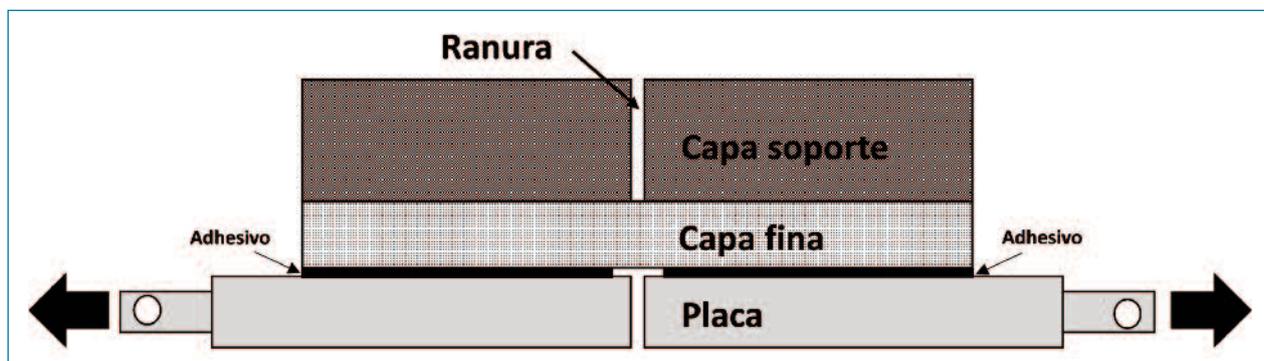


Figura 3. Configuración de ensayo con la ranura en la capa soporte

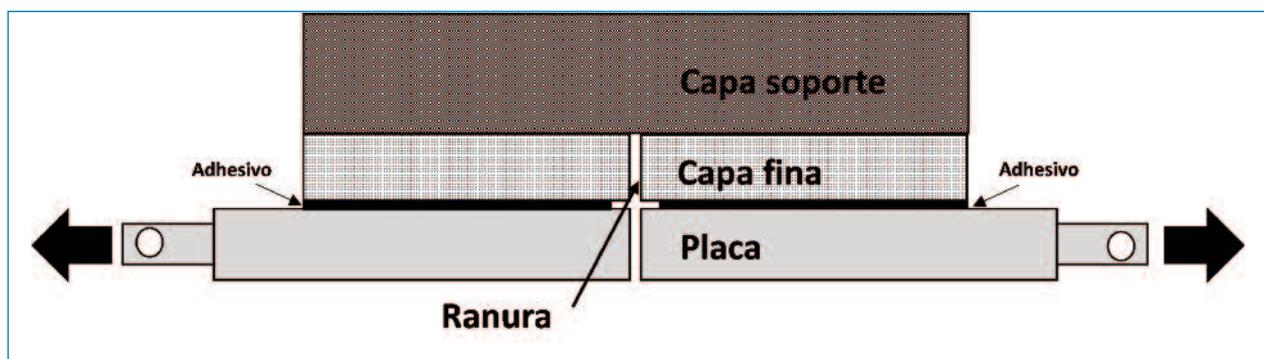


Figura 4. Configuración de ensayo con la ranura en la capa fina

hacerlo como mínimo a las temperaturas de 20 y 5°C.

Con este ensayo se pretende comprobar si la capa ultradelgada falla por adherencia a la capa soporte o por cohesión de la propia mezcla, valorándose en ambos casos su resistencia.

Durante el ensayo se aplica sobre las placas una tracción, a una velocidad de deformación constante (1 mm/min), registrando la carga aplicada durante el proceso de rotura en función del desplazamiento aplicado, figura 5. A partir de la curva carga-desplazamiento es posible obtener una serie de parámetros que permitirán caracterizar tanto la tenacidad de la mezcla, como la adherencia a la capa soporte, según sea la configuración de ensayo utilizada.

($S_{Resist} = Alt_{capa\ fina} \times Anch_{prob}$) y la resistencia será la de la propia mezcla ultradelgada, mientras que en el segundo caso, el área de rotura será el área de la interfase despegada ($S_{Adh} = Anch_{prob} \times (Long_{prob} - 3)/2$) y la resistencia será la resistencia a cortante de la interfase.

3. TRABAJO EXPERIMENTAL

A continuación se recogen los resultados obtenidos al evaluar la adherencia de una mezcla AUTL al soporte a partir de probetas fabricadas en el laboratorio con el compactador de rodillo metálico, mediante la aplicación del ensayo en su segunda configuración; los ensayos se han realizado en tres laboratorios diferentes con objeto

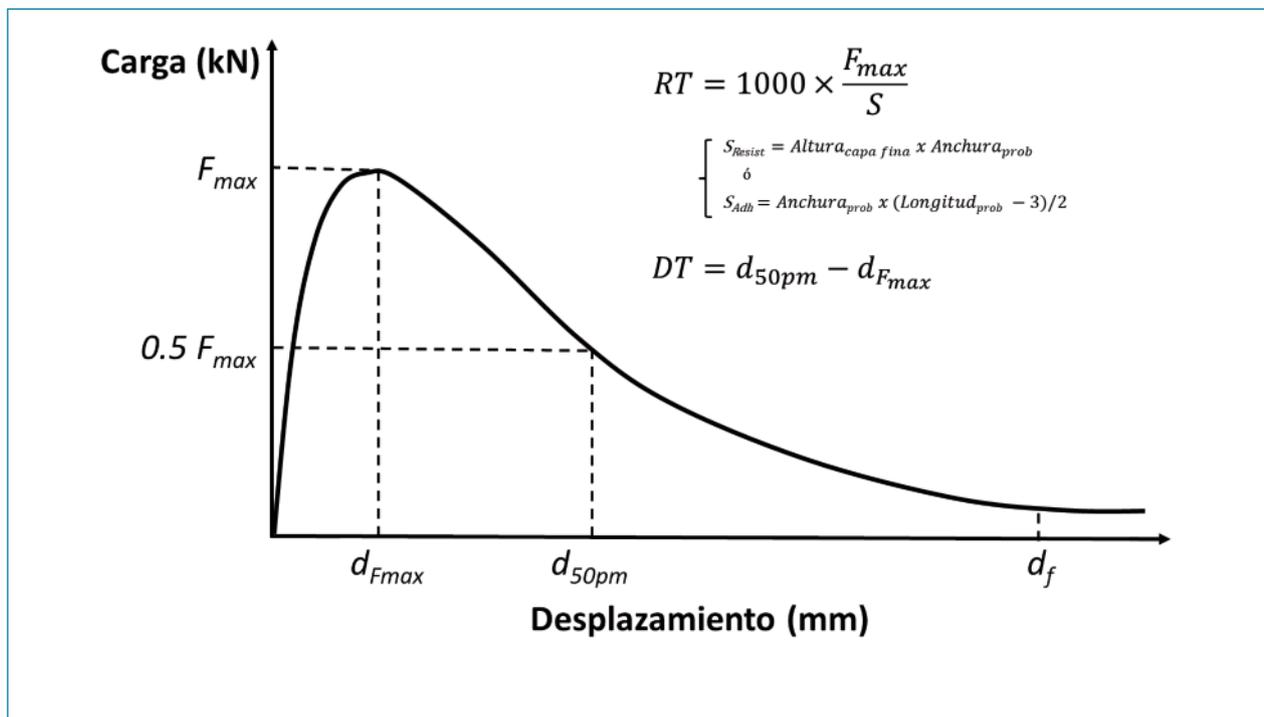


Figura 5. Curva carga-desplazamiento obtenida a partir de cualquiera de las configuraciones de ensayo

Aunque de la curva carga-desplazamiento pueden obtenerse diferentes parámetros, tanto en el caso de evaluar la resistencia y ductilidad de la mezcla ultradelgada, como en el caso de evaluar la adherencia de la capa ultradelgada al soporte, serán suficientes los parámetros de resistencia (RT) y ductilidad (DT), teniendo en cuenta que en cada caso el área de rotura será diferente. En el primer caso, el área de rotura será la sección de la capa ultradelgada perpendicular a las placas metálicas

de evaluar, cualitativamente, la reproducibilidad del ensayo.

Para ello, se han fabricado en laboratorio probetas bicapa con el compactador de rodillo metálico. La capa soporte estaba formada por una mezcla AC16 surf 50/70 S con árido ofítico y un contenido de betún del 4.0% s.m. La capa superior estaba formada por una mezcla AUTL, con tamaño máximo de árido de 8 mm, y un espesor de 15 mm, figura 6.

Nuevo ensayo para la caracterización y control de la ejecución de capas asfálticas ultradelgadas. Aplicación a la evaluación de la adherencia entre capas

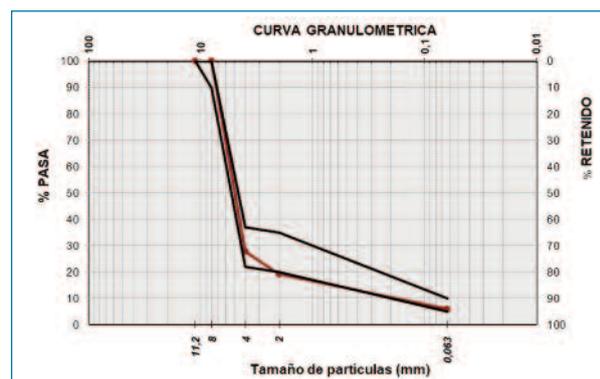
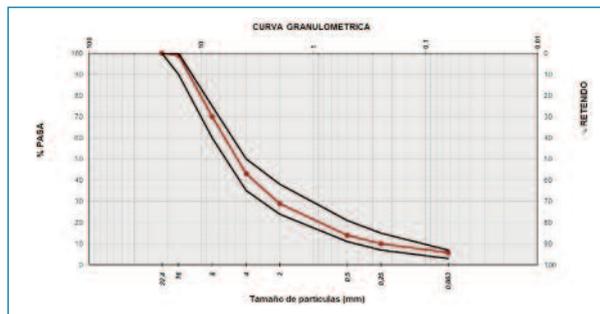


Figura 6. Granulometrías mezcla AC16 surf 50/70 S (izda) y AUTL 8 (dcha)

Entre ambas capas se aplicó una emulsión termoadherente no modificada, con una dotación de 300 g/m². En otra serie de probetas no se aplicó emulsión, figura 7. En este caso, las placas obtenidas se cortan para obtener probetas prismáticas, con una planta de 6x7 cm² aproximadamente, figura 8.



Figura 7. Capa soporte AC16 surf 50/70 S sin emulsión (izda) y con emulsión (dcha)

Estas probetas, fabricadas en un mismo laboratorio, se enviaron a tres laboratorios diferentes para su ensayo. Tal como se ha indicado anteriormente, en esta etapa del trabajo sólo se ha evaluado la adherencia de la

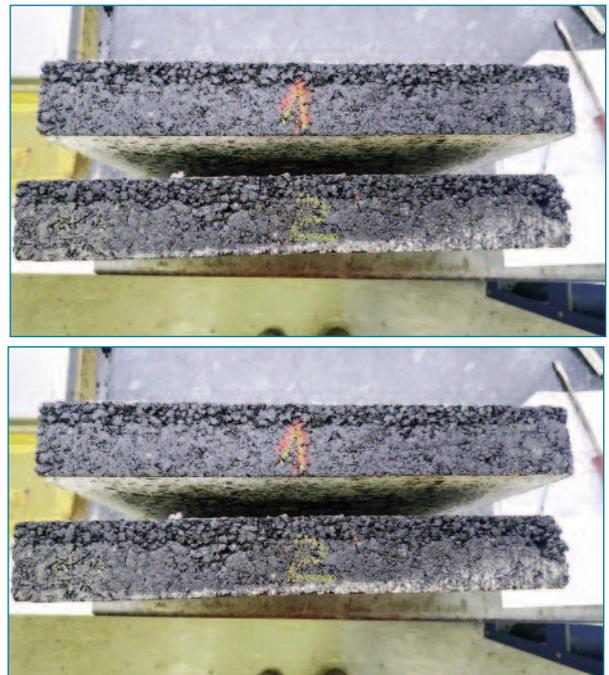


Figura 8. Probetas bicapa fabricadas en el laboratorio y probetas para su ensayo después del corte.

mezcla ultradelgada a la capa soporte, realizando el ensayo a tres temperaturas 20, 5 y -5°C.

En los primeros ensayos realizados se observó que la rotura de la mezcla de la capa soporte se podía producir antes que el despegue de ambas capas, especialmente a bajas temperaturas. Para evitar este problema, en los futuros ensayos, la capa soporte se confinó con unos pernos y unas pretinas para evitar su deformación, tal como se ha indicado en la descripción de esta configuración de ensayo, figura 9.



Figura 9. Ejecución de ensayo de adherencia, con la disposición de los pernos y las pretinas de sujeción de la capa soporte

En la figura 10 se muestra la realización del ensayo para evaluar la adherencia de la mezcla AUTL a la capa soporte, y en la figura 11 se recogen, a modo de ejemplo, las curvas carga-desplazamiento para las temperaturas de ensayo de 5°C de las probetas con y sin riego, obtenidas en un laboratorio.



Figura 10. Ejecución de ensayo de adherencia

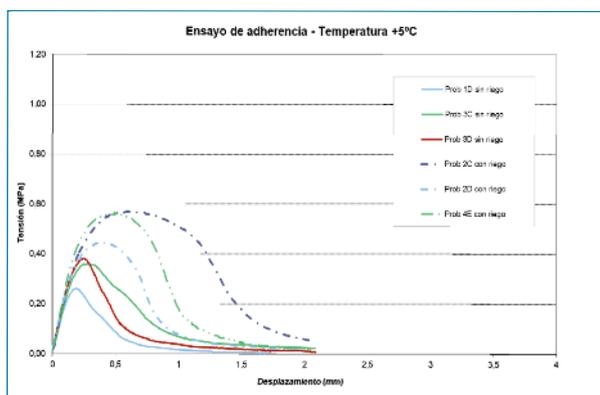


Figura 11. Ensayo de adherencia: curvas carga-desplazamiento a 5°C, probetas con y sin riego

En la tabla 1 se recogen los resultados medios de la resistencia a cortante y el desplazamiento de ductilidad de la interfase, tanto cuando se ha aplicado el riego con

emulsión como cuando no se ha aplicado, para las tres temperaturas de ensayo y los tres laboratorios. En este caso, la resistencia a cortante de la interfase se ha denominado Tcmax, para diferenciarla mejor de la resistencia de la mezcla, denominada genéricamente RT. En la figura 12 se han representado los valores medios de resistencias a cortante por laboratorio, y en las figuras 13 y 14 se recogen los resultados individuales de las probetas ensayadas por cada laboratorio, sin riego y con riego respectivamente, representados en un diagrama tensión-ductilidad.

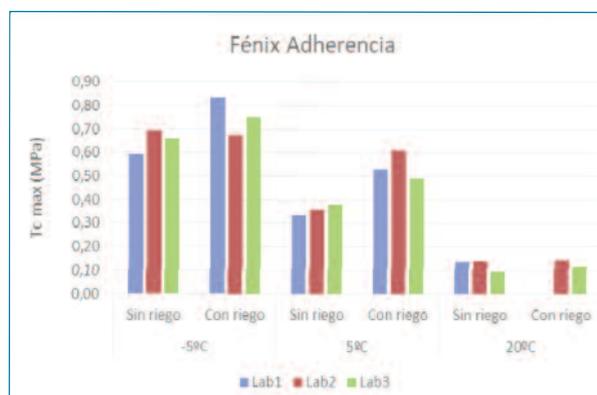


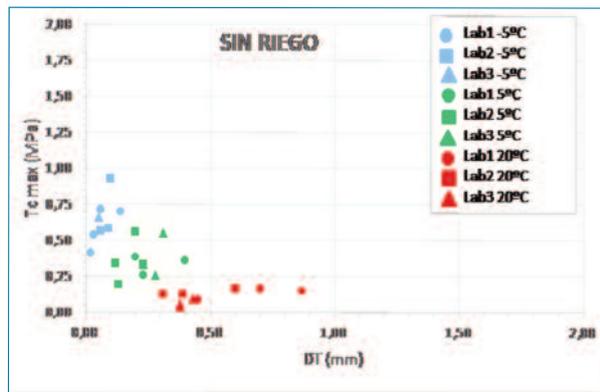
Figura 12. Resultados medios de resistencia a cortante por laboratorio

Los resultados obtenidos en esta etapa del trabajo ponen de manifiesto que tanto la resistencia a cortante, como la ductilidad de la interfase, aumentan cuando hay riego de adherencia entre ambas capas, aunque el parámetro de ductilidad muestra una mayor sensibilidad. Además, las diferencias entre los resultados con riego y sin riego son más acusadas para la temperatura de 5°C, en la que el betún presente en la interfase no se comporta ni tan frágilmente como puede hacerlo a -5°C, ni tiene tan baja consistencia como puede tenerla a 20°C.

Tabla 1. Resultados medios de adherencia entre la mezcla AUTL y la capa soporte, para cada laboratorio

Temp	Riego	Lab1			Lab2			Lab3		
		Tc max	DT	Tc x DT	Tc max	DT	Tc x DT	Tc max	DT	Tc x DT
-5°C	Sin riego	0,59	0,06	0,04	0,69	0,08	0,06	0,66	0,05	0,03
	Con riego	0,84	0,08	0,06	0,67	0,11	0,07	0,75	0,06	0,05
5°C	Sin riego	0,33	0,28	0,09	0,36	0,17	0,06	0,38	0,27	0,10
	Con riego	0,53	0,50	0,26	0,61	0,46	0,28	0,49	0,48	0,23
20°C	Sin riego	0,13	0,67	0,09	0,14	0,43	0,06	0,10	0,30	0,03
	Con riego	-	-	-	0,14	0,90	0,13	0,12	0,79	0,09

Nuevo ensayo para la caracterización y control de la ejecución de capas asfálticas ultradelgadas. Aplicación a la evaluación de la adherencia entre capas



arch Record, Journal of Transportation Research Board, nº 2181, pp. 36-43.

[5] Pérez-Jiménez, F.; Miró, R.; Martínez, A.; Barral, M.; Loma, J. (2022). "Caracterización y evaluación de la ejecución de capas ultrafinas". XII Jornada Técnica ASEFMA 2022, Madrid.

[6] Miró, R.; Martínez, A.; Pérez-Jiménez, F.; Botella, R. (2014). "Analysis of cracking resistance of bituminous mixtures using Fenix test". Construction and building materials, Vol 59, pp. 32-38.

[7] Pérez-Jiménez, F.; Botella, R.; Martínez, A.; Miró, R. (2013). "Analysis of the mechanical behaviour of bituminous mixtures at low temperatures". Construction and building materials, Vol. 46, pp. 193-202.