

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO. OBJETIVOS Y NORMATIVA

Jesús Díaz Minguela
Director IECA Zona Noroeste

Introducción

La fisuración de todos los materiales tratados con cemento, causada por su retracción hidráulica y térmica, es un hecho inherente a su naturaleza y como tal, debe tenerse en consideración sin considerarse un defecto estructural. De hecho es prácticamente, el único inconveniente que se achaca a estas capas, frente a su excelente capacidad de soporte y ventajas estructurales, por la posible reflexión de estas fisuras sobre la capa de rodadura.

Para evitar dicha situación, a estas capas se les realizan juntas a distancias próximas. Cuando estas juntas se provocan de forma controlada, estando el material fresco (antes de compactar), al proceso se le denomina prefisuración.

Materiales tratados con cemento, fisuración

Clasificación

Dentro de la terminología “capas tratadas con cemento” se abarcan todos aquellos materiales empleados en firmes que utilizan cemento como conglomerante y que, con consistencia seca, permiten ser compactados con rodillo. Se pueden clasificar según la dotación de cemento y la resistencia exigida en las siguientes denominaciones:

Tipología	% cemento	Resistencia MPa		Módulo Elasticidad MPa
		7 días	largo plazo	
Suelocemento	3 - 7%	≥ 2,5	≥ 4,0	6.000 - 10.000
Gravacemento	3,5 - 5%	≥ 4,5	≥ 8,0	20.000
Gravacemento de alta resistencia ⁽¹⁾	5 - 7%	≥ 8,0	≥ 14,0	25.000
Hormigón magro compactado ⁽¹⁾	5 - 10%	≥ 12,0	≥ 22,0	30.000
Hormigón compactado	10 - 14%	≥ 18,0	≥ 35,0	33.000

⁽¹⁾ No figura en las especificaciones españolas

Tabla 1. Características de los diferentes materiales tratados con cemento.

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

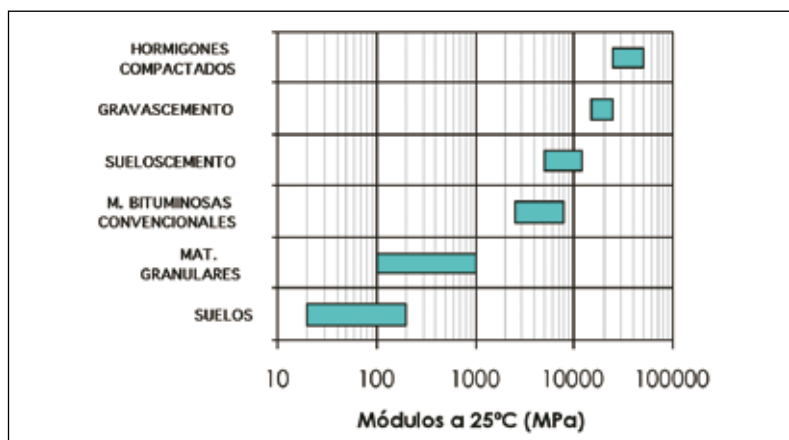


Figura 1. Rangos de módulos de rigidez para materiales tratados con cemento.

El empleo, como bases y subbases de este tipo de capas de materiales tratados con cemento se ha generalizado en España en la última década por sus claras ventajas. Entre ellas cabe destacar:

- Excelente capacidad estructural.
- Elevada vida de servicio.
- Reducción de tracciones a las capas bituminosas superiores.
- Reducidas deformaciones de la explanada, evitando asientos o descompactaciones al minimizar las cargas de tráfico transmitidas.
- Costes de construcción inferiores a los de otras secciones.
- Posibilidad de empleo de suelos y zahorras locales en el caso del suelocemento.

Evidentemente no todo se traduce únicamente en ventajas, pero entre los pocos inconvenientes se podría indicar la posibilidad que existe de aparición de las fisuras en la superficie del firme (capas bituminosas superiores).

Causas de la fisuración

Las fisuras que aparecen en todos los materiales tratados con cemento tienen su origen en un proceso hidráulico o térmico. Las primeras, se deben a la pérdida paulatina de agua que se produce durante el fraguado y secado, que se traduce en un cambio de volumen (retracción hidráu-

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO. OBJETIVOS Y NORMATIVA

lica). Su valor depende de factores tales como el contenido de cemento, el tipo de suelo o árido, el contenido de agua, el grado de compactación y las condiciones de curado del material.

No obstante, esta retracción tiene escasa importancia en comparación con los cambios dimensionales debidos a los gradientes térmicos día-noche o verano-invierno, lo que se conoce como retracción térmica.

Los cambios dimensionales producidos por ambos procesos, hidráulico y térmico, tienen gran influencia en el fenómeno de fisuración. La fisuración inicial del material se genera con los cambios volumétricos debidos a la retracción, mientras que los gradientes térmicos provocan la apertura de estas fisuras y su posible reflexión en las capas superiores de mezclas bituminosas. El fenómeno se produce de la siguiente manera:

Durante el fraguado inicial del material, la resistencia R y la densidad γ son los elementos que influyen de manera esencial en la iniciación de las grietas de retracción que aparecen poco después del fraguado. Se ha demostrado que el espaciado medio L entre las grietas de retracción se puede determinar a partir de la resistencia y de la densidad mediante la relación:

$$\gamma \cdot h \cdot L/2 \cdot \mu = R \cdot h$$

$$L = \frac{2R}{\mu \cdot \gamma}$$

donde:

L = distancia entre fisuras o longitud de las losas de la capa tratada

R = resistencia a tracción del material a corto plazo

μ = coeficiente de fricción entre la capa y la explanada

γ = densidad del material.

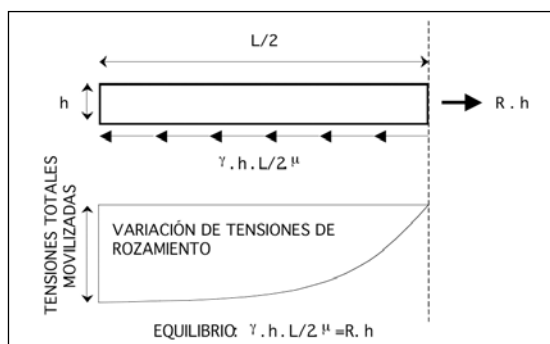


Figura 2. Esquema del fenómeno de fisuración en capas tratadas con cemento.

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

La explicación de esta fórmula se muestra en la Figura 2 (véase página anterior) donde se aprecia que la distancia entre las fisuras se determina como equilibrio entre las tensiones de tracción en la capa tratada y las tensiones de rozamiento con la capa inferior.

La distancia media entre fisuras en los materiales tratados con cemento es directamente proporcional a la resistencia a tracción del material a corto plazo. Si se dejaran fisurar libremente, las distancias entre fisuras serían normalmente del orden de 3 a 6 m para suelocemento, 5 a 10 m para gravacemento y 8 a 15 m en el caso de hormigones compactados.

La reflexión de las fisuras de retracción

Causas de la reflexión

Las fisuras de la superficie del firme, producidas por la reflexión de grietas de retracción o juntas de contracción de las capas tratadas con cemento, se caracterizan por ser relativamente rectilíneas, perpendiculares al eje de la calzada y regularmente espaciadas. En ocasiones pueden aparecer también grietas longitudinales sensiblemente paralelas al eje de la calzada hacia la mitad de la anchura de la capa.

Cuando se permite la libre fisuración de estas capas sin realizar juntas de contracción, el espaciamiento entre las fisuras suele variar entre los 3 y los 20 m, dependiendo de la naturaleza de los materiales, la dosificación de conglomerante y las condiciones climáticas. La abertura de los labios de las fisuras es inicialmente muy pequeña, pudiendo evolucionar con rapidez en función de la intensidad y agresividad del tráfico, de las variaciones térmicas en la zona, y de la naturaleza de la mezcla bituminosa del pavimento.

La reflexión de fisuras en superficie se produce por procesos cíclicos de abertura y cierre de las mismas, debidos a la combinación de diferentes causas:

- El paso de las cargas de tráfico, que originan movimientos verticales diferenciales de los labios de las fisuras.
- Variaciones estacionales de temperatura, que dan lugar a acortamientos o alargamientos de las losas, es decir, a movimientos horizontales.
- Variaciones diarias de temperatura, que dan lugar a tensiones térmicas que pueden provocar el combado de las losas.

En general, los movimientos verticales son los que más favorecen la reflexión de fisuras; en particular cuando su magnitud se incrementa debido a un insuficiente o inexistente engranaje entre los labios de la fisura.

Los movimientos debidos a variaciones térmicas son tanto mayores cuanto mayor es la separación entre fisuras. El acortamiento de una losa provocado por un descenso de temperatura será mayor cuanto mayor sea la longitud de ésta. Lo mismo ocurre con los movimientos verticales diferenciales: cuanto más larga sea la losa, mayor puede ser el despegue de ésta con respecto a su soporte.

Si las fisuras son muy finas y próximas, los movimientos horizontales son muy reducidos y los verticales diferenciales están impedidos por el engranaje de las partículas resistentes de los áridos. Sin embargo, con fisuras más espaciadas aumenta la abertura de la fisura y disminuye dicho engranaje, y estos movimientos alcanzan valores que no puede soportar el pavimento bituminoso, salvo que se dispusiera con espesores importantes (superiores a 18 cm), lo que en muchos casos resultaría antieconómico.



Figura 3. Reflexión de una fisura en la capa de rodadura.

La reflexión de fisuras tiene una serie de consecuencias negativas para el firme. Por un lado, con tráfico pesado e intenso, si no se tratan, las fisuras se van abriendo y pueden constituir una vía de entrada de agua o de partículas sólidas, ocasionándose importantes degradaciones en los labios de la fisura al producirse la dilatación de las losas por el aumento de la temperatura. Sólo en el caso de tráfico ligero sus consecuencias son limitadas y no requieren atención. Por otro, de orden estético, si bien el usuario no aprecia su existencia hasta que su abertura ha ido progresando y se ha llevado a cabo un ponteo como actuación de conservación.

Factores que influyen en la reflexión

Resulta difícil valorar la influencia que los distintos factores tienen sobre la fisuración o la reflexión de estas fisuras. Sin embargo, sí se ha podido observar la influencia de los siguientes factores:

- Características de la capa de material tratado con cemento, especialmente la naturaleza y granulometría de los áridos y el tipo y contenido de cemento.
- Condiciones de adherencia con las capas superior e inferior: cuanto mayor sea el rozamiento entre la capa y su soporte y menor la resistencia del material a edades cortas, mayor será la proximidad entre fisuras y menor su abertura.

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

- Características y espesor de las mezclas bituminosas superiores: la evolución es más lenta con altos contenidos de ligante y adecuada relación filler-betún.
- Condiciones de puesta en obra: condiciones climáticas y tiempo transcurrido entre la extensión de la base y el pavimento.
- Factores climáticos (día-noche) y condiciones de tráfico.

Se ha comprobado que las mezclas con áridos calizos, por su coeficiente de dilatación térmica más reducido, así como la utilización de cementos con elevado contenido de adiciones, debido a su desarrollo más lento de resistencias y a su menor calor de hidratación, dan lugar a mezclas que presentan menores problemas de fisuración.

La prefisuración. Objetivos

El objetivo directo de la prefisuración es realizar en el material tratado con cemento losas de reducida longitud, creando juntas en fresco (de reducido coste y sencilla ejecución) a una distancia próxima, que eviten la fisuración incontrolada del material y permitan reducir el movimiento de apertura de dichas juntas, evitando así que estas se reflejen en las capas de mezcla bituminosas dispuestas encima.

Esta técnica de prefisurar responde a un importante esfuerzo de investigación que se originó para encontrar sistemas adecuados que permitieran retardar, o en lo posible evitar, la reflexión de estas fisuras. Sin duda, de los métodos estudiados hasta la fecha, la prefisuración de las bases tratadas con cemento ha demostrado ser uno de los más eficientes, lo que ha hecho que países tecnológicamente avanzados hayan incluido esta técnica en sus catálogos de secciones de firmes (Francia en 1998, Alemania en 2001 y España en el año 2002).

Con la prefisuración se logran fisuras muy finas y próximas que reducen los movimientos horizontales e impiden los verticales diferenciales por el engranaje de las partículas resistentes de los áridos (engranaje que desaparece si se realizan las juntas mediante serrado). Así, tanto los movimientos causados por el paso del tráfico como los ocasionados por las variaciones térmicas pueden ser soportados por las capas superiores de mezcla bituminosa, sin que aparezcan las grietas en superficie, o en el caso de que aparecieran, sean lo suficientemente finas para no degradarse por efecto del tráfico.

Aunque en alguna ocasión se ha pretendido imponer un límite superior a la resistencia del material a edades cortas, ya que de esa manera se conseguía que las fisuras surgieran a menor distancia, la prefisuración hace innecesaria esta medida, permitiendo utilizar bases de elevadas prestaciones (gravasemento de alta resistencia, hormigones magros compactados u hormigones compactados) sin riesgos de que se produzcan fisuras con una abertura excesiva y con tendencia a degradarse por efecto del tráfico.

Breve reseña histórica, equipos

El primer intento de prefisurar una capa tratada con cemento se realiza en España en el año 1988 en un ramal de la Autopista del Atlántico que conecta Guisamo y Fene en A Coruña. Este ramal se construyó con una base de 25 cm de hormigón compactado con rodillo, técnica en la que se iniciaba un periodo de gran desarrollo. Tras conocer que en Alemania, las necesarias juntas se realizaban en fresco con un importante ahorro económico y sin el riesgo de que salieran fisuras por cortar excesivamente tarde, se intentó aplicar esta técnica.

Tras una breve conversación telefónica, nos informamos de que bastaba con soldar una cuchilla a una placa vibrante (rana) en su cara inferior a modo de quilla para realizar las entallas. Así se hizo, y después de varios intentos para introducir dicha rana, que votaba y saltaba sobre el pavimento sin posibilidad de mantener una línea recta, ni incluso de penetrar en la losa de hormigón compactado, hubo que desistir. ¡A nadie se le ocurrió que la junta hubiera que hacerla antes de compactar el hormigón seco! Evidentemente, entonces eso no tenía lógica, pues al compactar, de poco habría servido realizar las entallas, que se volverían a cerrar.

Oficialmente y de forma real, el inicio de la prefisuración en España tiene lugar en 1990 en la construcción de la base de hormigón compactado de la Autovía de Andalucía A-92, en la Variante de Archidona (Málaga). En esta primera experiencia se realizaron juntas cada 6 m con una placa vibrante con una cuchilla triangular soldada a su cara inferior. Este equipo fue generalizándose en los inicios, utilizándose también en algún caso un pequeño rodillo provisto de una cuchilla anular. La hinca de la cuchilla en el material se lleva a cabo de forma manual y se debe crear un surco de al menos un tercio del espesor de la losa, lo que hace difícil una correcta ejecución aunque la entalla se realice antes de iniciar la compactación.

En esta primera experiencia en Archidona, y aunque la cuchilla penetraba en el hormigón hasta la mitad de su espesor, se ha comprobado mediante la extracción de testigos, que solo se abrió una junta inducida de cada dos o tres contiguas (es decir cada 12 o 18 metros).



Figuras 4 y 5. Prefisuración con placa vibrante e introducción manual de la emulsión.

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

Para evitar que la junta realizada se cierre durante el proceso de compactación, se introduce, también al principio de forma manual, una emulsión bituminosa que evita la adherencia de ambas caras en la entalla realizada (autovía Jaen-Torredonjimeno en 1992). En esta misma autovía, en la variante de Jaen en 1994, además de las juntas transversales cada 4 m realizadas en fresco en la base de 22 cm de hormigón compactado, se dispone una junta longitudinal también realizada en fresco.

Este sistema manual de placa vibrante provista de cuchilla se emplea en diversas obras, como la prefisuración de la capa de hormigón compactado del tramo Huarte Arakil-Lacunza (autovía Pamplona-Vitoria), y en la base de hormigón magro compactado de la variante de Medinaceli (autovía Madrid-Zaragoza). En este último caso, se prefisura cada 3,5 m juntas transversales con una inclinación 1:6, dotando a la placa vibrante de un dispositivo de inyección de emulsión, y se realiza una junta longitudinal a 4,5 m mediante una cuchilla incorporada a la extendedora.

Con los años, se empiezan a utilizar extendedoras del material con capacidad para lograr cierto nivel de precompactación (a veces se obtiene hasta el 92% de la densidad máxima Proctor), lo que dificulta el empleo de estos equipos manuales, que no dan resultados satisfactorios. Por esta razón, junto con la búsqueda de una mayor garantía de correcto funcionamiento de estas juntas realizadas en fresco, se produce una evolución tecnológica, introduciéndose en España algunos equipos específicos desarrollados en Francia como son:

- El equipo CRAFT (Creación Automática de Fisuras Transversales), que consta de una cuchilla vibrante colocada al final de un brazo articulado por cuya parte trasera se aplica una emulsión bituminosa en la junta creada. Se utilizó por primera vez en España en la variante de Irurzun (autovía Vitoria-Pamplona) en 1992, prefisurando juntas cada 2,5 m en la base de 22 cm de hormigón compactado, con tan buen resultado que una empresa española adquirió una unidad para su empleo generalizado.
- El equipo Olivia, que inserta una cinta de plástico de 80 μ m de espesor mediante una estrecha cuchilla. Se empleó por primera vez en la prefisuración de un tramo de reciclado de la carretera CL-519, Villabrágima-Villagarcía de Campos (Valladolid), en el marco del II Congreso Nacional de Firms en 1994.



Figuras 6 y 7. Equipo CRAFT trabajando.



Figura 8. Equipo de juntas activas.



Figura 9. Prefisuración con quad.

- El equipo de juntas activas, con el que se introduce un perfil ondulado de plástico rígido en el fondo de la capa, utilizado por primera vez en el año 2004 en la variante de Larradezua (Bizkaia).

Algunos contratistas han desarrollado posteriormente equipos propios de prefisuración basados en principios similares al equipo CRAFT, pero sobre otros chasis diferentes. Este es el caso de los quads dotados de una cuchilla trasladable y un depósito de emulsión que actualmente se pueden encontrar trabajando por toda la geografía nacional.

Respecto a los materiales prefisurados, la primera experiencia en una capa de gravacemento se realiza en octubre de 1995 en unos 300 m de una de las calzadas de la N-I en Salvatierra. En este caso se utilizó el equipo CRAFT realizando juntas cada 3 m. El resto del tramo se dejó fisurar espontáneamente.

En los firmes reciclados con cemento, junto a la primera experiencia citada en la carretera CL-519 en Valladolid, cabe destacar el reciclado de la N-630, Ruta de la Plata, en 1995. En este caso, ante la dificultad de penetrar en el material con la placa vibrante por la precompactación proporcionada por los equipos de reciclado, sólo se prefisuraron dos tramos de ensayo del orden de 100 m con juntas dispuestas cada 2,5 y 3,5 m respectivamente.

Indicaciones sobre cuando prefisurar

Lógicamente, la prefisuración será necesaria cuando el riesgo de reflexión de fisuras sea elevado y las consecuencias sean incompatibles con el nivel de funcionamiento deseado para el firme. Dando por hecho que las mezclas bituminosas utilizadas serán las más adecuadas y asegurando la adherencia entre capas, los parámetros que se han de tener en cuenta para tomar la decisión son básicamente los cuatro siguientes:

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

- El tráfico
- La zona climática
- El espesor de la mezcla bituminosa superior.
- La resistencia del material tratado.

En líneas generales, es necesario prefisurar todos los materiales con una resistencia igual o superior a la gravacemento, salvo en el caso de tráficos bajos y clima litoral, y resulta necesario prefisurar el suelocemento únicamente con tráficos altos. Durante la redacción del Manual de firmes de capas tratadas con cemento, los numerosos autores basados en diferentes experiencias, coincidimos en la siguiente tabla que puede servir de base para saber cuando se debe prefisurar la capa tratada con cemento:

Tráfico	Clima	RCS7 < 4 MPa	RCS7 ≥ 4 MPa
IMDp ≥ 200 (categoría ≥ T2)	Continental	Obligatorio (*)	Obligatorio
	Litoral	Recomendable (*)	
IMDp < 200 (categoría ≤ T3)	Continental	No necesario	Recomendable (**)
	Litoral		

IMDp: Intensidad media diaria de vehículos pesados en el carril de proyecto el año de puesta en servicio.
RCS7: Resistencia compresión simple a 7 días del material tratado con cemento.
(*) No necesario cuando el espesor de MB ≥ 18 cm.
(**) No necesario cuando la IMD de vehículos pesados sea inferior a 25.

Tabla 2. Recomendaciones acerca de cuando prefisurar la capa tratada con cemento.

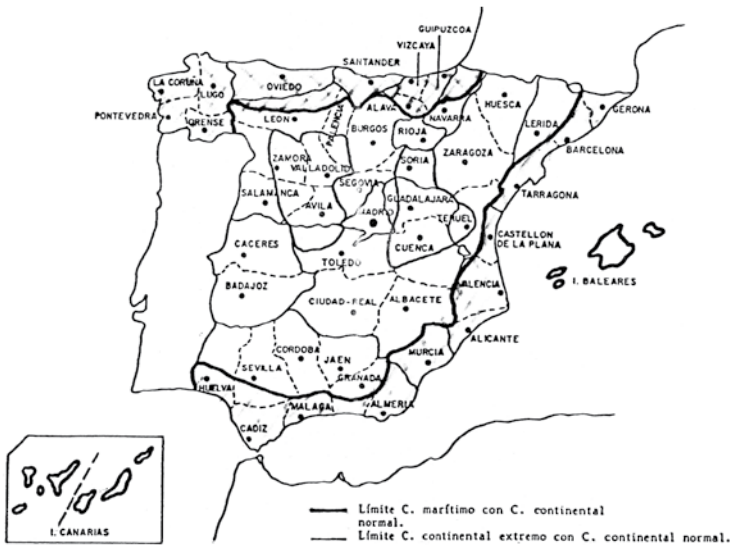


Figura 10. Mapa de zonas climáticas.

La distancia más adecuada para prefisurar o realizar las juntas transversales en fresco de la base tratada con cemento es de 3 a 4 metros, debiendo reducirse a 2-3 m en el caso de materiales de altas resistencias. Con esta distancia se intenta garantizar que todas las juntas se abrirán y trabajarán como tales y limitar la abertura de las mismas. De este modo, los movimientos debidos al tráfico y las variaciones térmicas podrán ser soportados por las capas superiores de mezcla bituminosa, evitándose la reflexión de grietas en superficie.

Las entallas realizadas mediante prefisuración se deben realizar como mínimo a 1/3 del espesor total de la capa sin compactar, siendo aconsejable penetrar más de la mitad del espesor.

Normativa

Normativa del Ministerio de Fomento

Aunque en la Instrucción 6.1. y 2.-IC de 1989 se indica la obligatoriedad de disponer juntas de contracción en las secciones de hormigón compactado (en fresco o por serrado), no es hasta la versión vigente, Norma 6.1 – IC, Secciones de Firme, de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (Orden FOM/3460/2003 de 28 de noviembre publicada previamente como O.C. 10/2002) cuando se prescribe el uso obligatorio de la prefisuración de las capas tratadas con cemento. La distancia se establece con espaciamientos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales PG-3 (Orden FOM/891/2004 de 1 de marzo).

Esta prescripción se aplica en todas las secciones que incorporan una capa tratada con cemento (suelocemento o gravacemento) bajo otra de mezcla bituminosa para los tráficos superiores o igual a T32, es decir cuando la intensidad de vehículos pesados es superior a 50 vehículos / carril / día. Sólo hay una sección en la que no se exige prefisurar, la 0032 (tráfico T00), debido a que sobre los 30 cm de suelo cemento se dispone un espesor total de mezclas bituminosas de 25 cm.

Las prescripciones a exigir a esta técnica se recogen en el artículo 513 de Pliego General PG-3. En lo referente a los equipos se indica:

“Para la ejecución de las juntas transversales en fresco se utilizarán equipos automotrices que efectúen en cada pasada un surco recto que penetre al menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa y que al mismo tiempo introduzca en él un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Este producto podrá consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, una cinta de plástico flexible, un perfil ondulado de plástico rígido y otros sistemas que además de impedir que se cierre de nueva la junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de la junta.

El director de las Obras podrá autorizar en obras pequeñas (menos de 70.000 m²) la utilización de equipos para la ejecución de juntas transversales en fresco provisto de un útil de corte que penetre al menos un tercio (1/3) del espesor de la capa una vez compactada.”

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

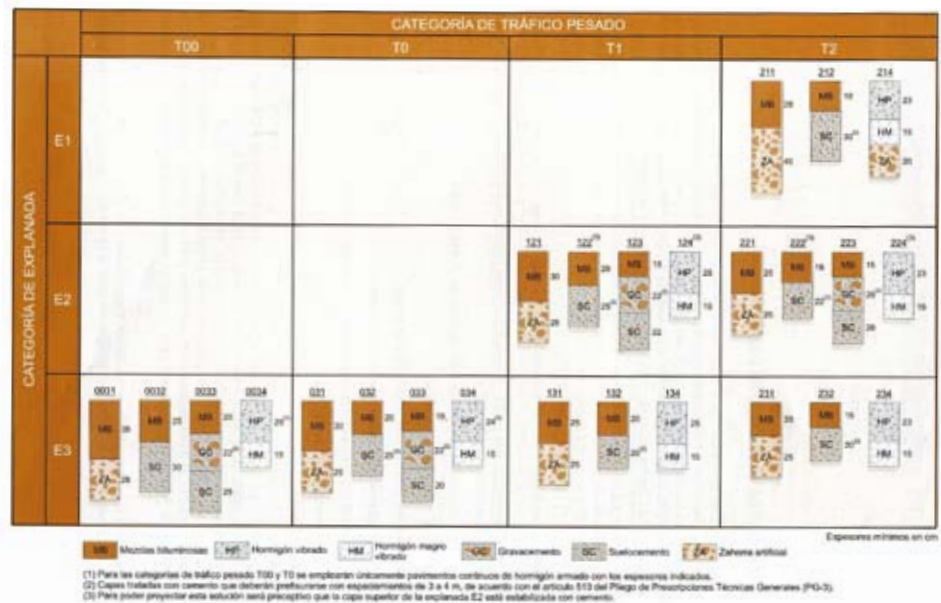


Figura 11. Catálogo de secciones de firme para las categorías de tráfico pesado T00 a T2, en función de la categoría de explanada (Ministerio de Fomento).

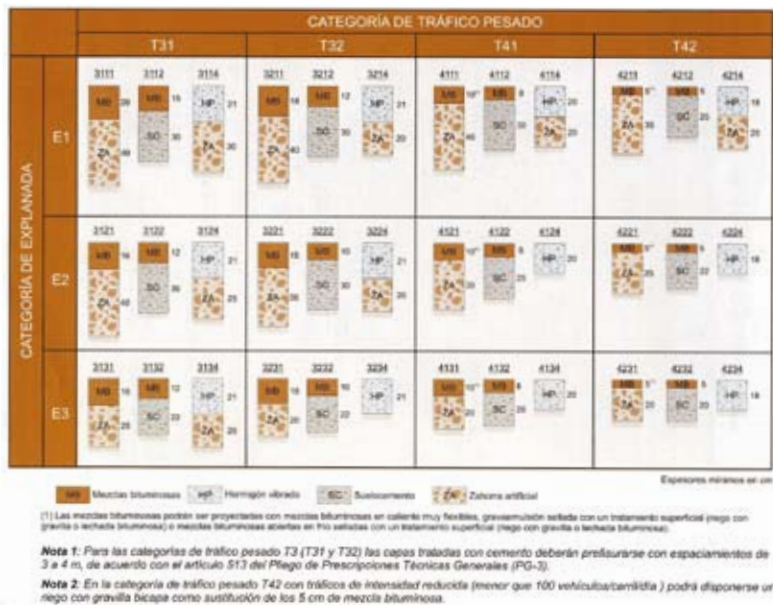


Figura 12.- Catálogo de secciones de firme para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) y T4 (T41 y T42), en función de la categoría de explanada (Ministerio de Fomento).

En cuanto a la ejecución, el PG-3 indica que se prefisurarán las capas tratadas con cemento indicadas en la Norma 6.1 – IC de secciones de firme, y siempre que lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o el Director de las Obras. Estos deben establecer la distancia a la que realizar las juntas transversales en fresco, dependiendo de la categoría de tráfico pesado, de la zona climática y del espesor de las capas que se dispongan encima, debiendo estar comprendida entre 3 y 4 m salvo justificación en contrario.

El equipo y el método de ejecución deben ser aprobados por el Director de las Obras después de la realización del tramo de prueba.

En la nota de servicio 5/06 sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento (22/09/06), de nuevo se hace hincapié en la obligatoriedad de prefisurar todas las capas de gravacemento y suelocemento con un espaciamiento comprendido entre 3 y 4 m, en función de las condiciones climáticas de la obra (menor espaciamiento cuanto mayor es el gradiente térmico).

Normativa de las Comunidades Autónomas

Respecto a las legislaciones autonómicas hay que destacar la primera versión de las **Recomendaciones de Proyecto y Construcción de Firmes y Pavimentos** editada en 1996 por la **Junta de Castilla y León**. Esta normativa, creada para optimizar los reducidos medios económicos y limitados recursos naturales de esta Región, introducía un amplio abanico de innovaciones, como la caracterización de las explanadas (apostando claramente por soluciones como la estabilización), la subclasificación de las categorías de tráfico pesado, la incorporación de secciones de firme con capas gruesas e incluso doble capa de suelocemento, de secciones coordinadas ensanche-calzada existente o prescripciones sobre el reciclado de los firmes agotados.

Junto a este conjunto de novedades, se incluía otra no menos importante: la exigencia de prefisurar las capas de gravacemento y suelocemento para categoría de tráfico pesado T21 y T22 (IMD pesados superior a 200) y la prefisuración de las capas de hormigón compactado para los tráficos superiores a T42 (IMD pesados superior a 25). Decía así en el año 1996:

“Para tráficos T21 y T22 y en el caso de que el espesor de suelocemento sea superior a 25 cm se considera imprescindible la prefisuración del suelocemento (sólo la capa superior si se extiende en dos capas). Las distancias de prefisuración deben estar entre 3 y 4 m. Se prefisurarán también las capas de gravacemento (salvo cuando vayan a ir bajo un pavimento de hormigón) y de hormigón compactado.”

En la versión vigente de las Recomendaciones de Proyecto y Construcción de Firmes y Pavimentos editada en 2004, la Junta de Castilla y León exige la prefisuración del suelocemento para categorías de tráfico pesado T21 y T22 (IMD pesados > 200) cuando el espesor sea de 35 cm (exigiendo prefisurar solo la capa superior si se extiende en dos capas), dejando a criterio del proyectista la conveniencia o no de prefisurar con otros espesores.

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO

Las capas de hormigón compactado y de gravacemento (salvo si se colocan bajo un pavimento de hormigón) se han de prefisurar siempre.

La primera versión de la Instrucción para el **Diseño de Firmes de la Red de Carreteras de Andalucía** se publicó en el año 1999. En la misma ya se indicaba:

“Las capas de gravacemento y hormigón compactado deberán siempre prefisurarse en fresco. Además, para tráficos T2 ó superiores, y zonas térmicas ZT1, ZT2 y ZT4, se dispondrá un sistema antifisuras del tipo arena-betún o geotextil impregnado. Las capas de suelocemento se prefisurarán únicamente para tráficos T2 ó superiores. En todos los casos la prefisuración se realizará transversalmente cada 3 ó 4 m, y longitudinalmente, a las mismas distancias si la anchura de la calzada es superior a 7m”.

En los reciclados in situ con cemento se prescribían las mismas condiciones que con el suelocemento.

En la versión vigente (2007) de la Instrucción para el Diseño de Firmes de la Red de Carreteras de Andalucía se exige la prefisuración de los materiales tratados con cemento según los criterios indicados en la tabla 3 (solo capas colocadas directamente bajo mezcla bituminosa). Las juntas se deben realizar transversalmente cada 3 m, y longitudinalmente, en el centro de la calzada cuando esta sea de ancho superior a 7 m, con el fin de evitar que surjan fisuras cuya reflexión pueda coincidir con la zona de rodada de los vehículos. Cuando se prefisura el material, no se exige el cumplimiento del límite superior de resistencias señalado en el cap. 513 del PG-3.

Categoría de tráfico	Suelocemento	Gravacemento
T00 a T2	Obligatorio (*)	Obligatorio
T3 y T4	Recomendable	
(*) No necesario cuando el espesor conjunto de mezcla bituminosa sea igual o superior a 18 cm		

Tabla 3. Prescripciones para prefisurar la capa tratada con cemento (Andalucía).

La Norma para el **Dimensionamiento de la Red de Carreteras del País Vasco** editada en el año 2006 exige también la prefisuración de las capas de gravacemento, pero introduce una novedad al acortar la distancia entre juntas de 2 a 3 m. Como en la norma anterior, no se exige el cumplimiento del límite superior de resistencias señalado en el capítulo 513 del PG-3 cuando se prefisura el material.

En el caso de suelocemento (con juntas prefisuradas cada 3 m), se normaliza la tabla 2 presentada en el apartado 6, “Indicaciones sobre cuando prefisurar”, pero con ligeros cambios:

PREFISURACIÓN DE CAPAS TRATADAS CON CEMENTO. OBJETIVOS Y NORMATIVA

Tráfico	Zona climática	RCS7 < 4,5 MPa	RCS7 ≥ 4,5 MPa
Alto (> T3)	Continental	Obligatorio (*)	Obligatorio
	Litoral	Recomendable (*)	
Bajo (≤ T3)	Continental	Recomendable	Recomendable (**)
	Litoral	No necesario	

RCS7: Resistencia compresión simple a 7 días del material tratado con cemento.
 (*) No necesario cuando el espesor de MB ≥ 20 cm.
 (**) No necesario para Tráficos de Proyecto T4B.

Tabla 4. Prescripciones para prefisurar la capa tratada con cemento (País Vasco).

En la última de las normas autonómicas publicadas, **Norma de Secciones de Firme de la Comunitat Valenciana** (2009), se define la distancia entre juntas transversales a la que se deben prefisurar las capas tratadas con cemento en función de la categoría de tráfico pesado, de la zona climática en la que se ubica la obra y de la naturaleza de la propia capa según se indica en la tabla 5.

Como en los casos anteriores, lógicamente no se fijan límites máximos a la resistencia media a compresión cuando se prefisura la capa.

Categoría de tráfico pesado	Zona térmica	Suelocemento	Gravacemento
T00 a T22	ZT1	3,5	3,0
	ZT2	3,0	2,5
	ZT3 Y ZT4	4,0	3,5
T31 a T42	ZT1	-	3,5
	ZT2	4,0	3,0
	ZT3 Y ZT4	-	4,0

Tabla 5. Prescripciones para prefisurar la capa tratada con cemento (Comunitat Valenciana).

Conclusiones

La excelente capacidad estructural, economía y elevada vida de servicio de las capas de materiales tratados con cemento es un hecho demostrado, de ahí su amplia difusión en la construcción de firmes.

La fisuración de estos materiales es una cualidad ligada a su naturaleza, que debe controlarse para evitar que tales fisuras se reflejen en las capas superiores de mezcla bituminosa, o si lo hacen, sean tan finas para no degradarse por efecto del tráfico.

La prefisuración de estas capas o realización de juntas en fresco a distancias próximas de unos 3 metros (2 a 4 m), es actualmente la técnica más eficiente para minimizar, e incluso eliminar, la reflexión de fisuras en la superficie del pavimento.

Bibliografía

- “Recomendaciones de proyecto y construcción de firmes y pavimentos”. Junta de Castilla y León, Valladolid, 1996 y 2004.
- C. Jofré: “Balance del empleo de las técnicas de prefisuración de bases tratadas con cemento en España”. Revista Rutas. Mayo-Junio 1996.
- C. Kraemer: “La reflexión de fisuras de las bases de gravacemento y hormigón compactado: causas y remedios”. Revista Rutas. Mayo-Junio 1996.
- J. Díaz Minguela: “Puerta en obra de mezclas tratadas con cemento”. Curso sobre mezclas con cemento. INTEVIA. Madrid, 1996.
- “Instrucción para el diseño de firmes de la red de carreteras de Andalucía”. Junta de Andalucía, Sevilla, 1999 y 2007.
- J. Díaz Minguela: “Los firmes con suelocemento en la Red Autonómica de Castilla y León”. Revista Cemento y hormigón, nº 835, abril 2002
- Ministerio de Fomento: “Norma 6.1 – IC sobre Secciones de Firme”. Madrid, 2003.
- M. D. Cancela: “La normativa estatal. Normas 6.1 – IC, 6.3 – IC y PG3: Futuras tendencias”. VI Congreso Nacional de Firmes. Junta de Castilla y León y Asociación Española de la Carretera, León, mayo 2004.
- Ministerio de Fomento: “Pliego de Prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3, artículo 513”. Madrid, 2004.
- “Norma para el dimensionamiento de firmes de la red de carreteras del País Vasco.” Gobierno Vasco, Vitoria, 2006.
- I. Zabala: “Bases tratadas con cemento”. Curso Explanadas estabilizadas y capas de firme tratadas con cemento. Aspectos prácticos. INTEVIA. Bilbao, diciembre 2007.