

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 078**

51 Int. Cl.:

E01C 7/14 (2006.01)

C04B 28/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2015** **E 15162894 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017** **EP 2930267**

54 Título: **Método para colocación de hormigón compactado a rodillo (HCR) sobre una subbase para producir un pavimento de hormigón**

30 Prioridad:

09.04.2014 WO PCT/EP2014/057144

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

13.03.2018

73 Titular/es:

**CEMEX RESEARCH GROUP AG (100.0%)
Römerstrasse 13
2555 Brügg bei Biel, CH**

72 Inventor/es:

**ZAMPINI, DAVIDE;
GUERINI, ALEXANDRE;
ZANDERS, CARSTEN y
VOLPATTI, GIOVANNI**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 659 078 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para colocación de hormigón compactado a rodillo (HCR) sobre una subbase para producir un pavimento de hormigón

Campo de la Invención

- 5 La presente invención se refiere a Hormigón Compactado a Rodillo (HCR) tradicional, un hormigón de asentamiento cero usado en pavimentos como una alternativa al asfalto. Particularmente, la presente invención se refiere a un método para colocación de hormigón compactado a rodillo (HCR) sobre una subbase para producir un pavimento.

Antecedentes de la invención

- 10 Hoy en día, el Hormigón Compactado a Rodillo (HCR) tradicional, un hormigón de asentamiento cero usado en pavimentos como una alternativa al asfalto, se mezcla en una planta de mezcla central o utilizando una amasadora de flujo continuo. Se requiere que el HCR sea de asentamiento cero, puesto que la mezcla de hormigón tiene que soportar un rodillo en su estado no endurecido. Para una consolidación efectiva, la mezcla de hormigón necesita estar lo suficientemente seca para evitar que el rodillo o el equipo de vibración se hundan, pero lo suficientemente plástica/húmeda para permitir una distribución satisfactoria del aglutinante durante las operaciones de mezclado y de compactación por vibración. La consistencia de asentamiento cero es la adecuada para este objetivo. Normalmente, el HCR se coloca utilizando una pavimentadora de asfalto (ampliamente disponible, coste-efectiva y versátil con respecto al tamaño y la anchura de la carretera que se va a construir) y/o un rodillo o solo un rodillo una vez que el hormigón HCR se ha distribuido regularmente para compactar el hormigón sobre la subbase.

- 20 Las amasadoras se conocen desde principios de 1800 y son una pieza de maquinaria usada para moler y mezclar materiales húmedos y secos, habitualmente arcilla o asfalto, pero también para HCR. Es un equipo móvil, ubicado en el lugar de trabajo. Generalmente, una amasadora consiste en una o más cubas y uno o más brazos giratorios con cuchillas o paletas unidas a ellos. Actúa como una batidora, formando un material liso con el que es fácil trabajar.

- 25 Las amasadoras se usan en aplicaciones que van de un tamaño medio a un gran volumen. Las capacidades típicas de las amasadoras oscilan entre 100 m³ y casi 400 m³ a la hora.

Las plantas de mezcla centrales están equipadas con su propia mezcladora. Sin embargo, el hormigón de asentamiento cero es muy problemático de extraer de la mezcladora y es más difícil de limpiar, puesto que provoca más acumulación y requiere un tiempo más largo de limpieza. Cuando se utiliza una central de mezcla, el transporte del HCR se realiza por medio de un camión volquete.

- 30 Ambos métodos necesitan un equipo especial (amasadoras o camiones volquete), no disponibles fácilmente para la mayoría de los productores de mezcla elaborada, representando una inversión importante.

- 35 Además, una desventaja extra que presenta la amasadora es que, puesto que es un método continuo, se tiene poco o ningún control sobre la proporción de la mezcla -dosificación de agregados finos y gruesos, así como de arena, cemento y agua- ocasionando problemas de consistencia de la homogeneidad, dando paso a un producto de consistencia escasa con retracciones diferenciales, formaciones de fisuras sobre el hormigón colocado, etc.

- 40 La amasadora en continuo no es adecuada para aplicaciones pequeñas, puesto que la amasadora en continuo se emplea en aplicaciones de gran volumen, que tienen típicamente una capacidad que oscila entre 100 y casi 400 m³/h. Estas capacidades están demasiado alejadas de lo que se necesita para proyectos pequeños, haciendo que la elección de HCR sea inadecuada para trabajos de este tipo. Para los proyectos más pequeños, el método ideal sería usar un equipo convencional empleado para mezcla elaborada, sin embargo los camiones mezcladores de tambor no son apropiados, debido a la imposibilidad para descargar HCR convencional desde la tolva, debido a su consistencia de asentamiento cero. Para capacidades/proyectos más pequeños se necesita una nueva solución.

- 45 Habitualmente, las amasadoras se asocian con pavimentadoras de hormigón especial (no HCR) que son equipos enormes y caros diseñados para autopistas anchas y largas de varios carriles con el objeto de absorber los costes de un equipo de este tipo. Normalmente, las pavimentadoras de hormigón no requerirían ningún rodillado post proceso.

Un equipo de mezcla elaborada tradicional incluye:

- 50 - Una planta de mezcla húmeda, también llamada planta central, donde un operario prepara un pastón de hormigón antes de ser cargado en el camión. Estas plantas tienen una mezcladora y ofrecen a los productores más control sobre la calidad y la consistencia de la mezcla de hormigón.

- Las plantas de mezcla seca son plantas sin mezcladora, donde los componentes secos del hormigón se pesan y se cargan separadamente dentro de una mezcladora, normalmente el camión hormigonero. A continuación, se añade agua y la mezcla final está preparada. Una vez que se ha añadido el agua, la mezcladora comienza a girar para mantener el estado líquido del material hasta que esté listo para descargarse dentro del camión.

5 - Los camiones hormigoneros, también llamados mezcladores en tránsito, se hacen para transportar hormigón al lugar de trabajo mientras que lo está mezclando. Pueden cargarse en cualquiera de las plantas de mezcla mencionadas anteriormente; mantienen el estado líquido del material girando el tambor hasta el momento del suministro. El interior está equipado con una cuchilla espiral que, en una dirección de giro, empuja el hormigón hacia más abajo dentro del tambor (dirección en la que gira el tambor mientras que está transportando el hormigón al lugar de trabajo) y, girando en la otra dirección, descarga el hormigón fuera del tambor. Desde ahí, el hormigón puede descargarse a través de una tolva o dentro de una bomba de hormigón.

Pero un equipo de mezcla elaborada típico da paso a problemas diversos y excluye su uso para HCR hoy en día:

10 - Descargar un hormigón de asentamiento cero desde una planta de mezcla húmeda, también conocida como planta central, es difícil, provoca acumulación de material en el equipo, por lo tanto se necesitan procedimientos de limpieza más largos.

15 - Las plantas de mezcla seca (donde el camión hormigonero trabaja como una mezcladora) no pueden usarse directamente, puesto que el hormigón de asentamiento cero no podría descargarse desde el camión hormigonero, haciendo imposible la etapa de descenso de la colocación del pavimento, incluyendo una distribución regular del material y un allanamiento con un rodillo.

20 - El suministro de un hormigón de no asentamiento cero no se acepta para el HCR; se necesita un hormigón de asentamiento cero para cumplir las características del producto final –la mezcla de hormigón necesita estar lo suficientemente seca para evitar que el rodillo o el equipo de vibración se hundan, pero lo suficientemente plástica/húmeda para permitir una distribución satisfactoria del aglutinante durante la colocación, incluyendo una distribución homogénea del material y/o vibración y rodillado.

Por lo tanto, no se pueden usar ni plantas de mezcla seca o de mezcla húmeda ni equipos de transporte de hormigón relacionados para conseguir un suministro exitoso de HCR.

25 Sin embargo, el uso de producción y transporte de mezcla elaborada convencionales sería ideal en cuanto a capacidad de producción (de 4 a 100 m³ a la hora) para carreteras más pequeñas o más cortas que para autopistas y autovías de varios carriles. Los proyectos más pequeños usarían la capacidad nominal de la planta y no podrían usar la enorme producción relacionada con la tecnología de la amasadora. Además, la amasadora tiene que trabajar permanentemente (sin parar y recomenzar), puesto que la interrupción afectaría a la consistencia, homogeneidad de la mezcla y, consecuentemente, a la calidad del producto final.

30 El método ideal pasaría por usar un equipo de mezcla elaborada tradicional, pero, debido a la consistencia de asentamiento cero, es muy difícil, si no imposible, descargar el material desde los camiones de mezcla elaborada.

Además, un hormigón de asentamiento cero requeriría un equipo más sofisticado para distribuir homogéneamente el hormigón sobre la subbase antes de la compactación, típicamente dicha distribución se hace usando una pavimentadora específica.

35 Una pavimentadora es una pieza de equipo usada para extender asfalto u hormigón de asentamiento cero sobre la subbase cuando se está construyendo un pavimento, una carretera, un puente, un estacionamiento u otra infraestructura de este tipo. Extiende el asfalto o el hormigón allanados y proporciona menor compactación antes del rodillado.

Un rodillo es un vehículo que compacta asfalto u hormigón, pero también tierra o grava durante la construcción de una infraestructura que use dichos materiales.

40 Las invenciones existentes describen métodos en los que se transforma hormigón residual, no fraguado en materiales granulares que pueden usarse como agregados. Hasta ahora, ninguna invención ha divulgado un método para granular hormigón líquido, fresco y después usar este hormigón como HCR o alguna aplicación adicional que no sea agregados reciclados.

45 El documento JP 3147832 describe un material para el tratamiento de hormigón residual que permite el reciclado de hormigón sobrante. El material anteriormente citado está hecho de un polímero súperabsorbente en forma de polvo o granular protegido en un revestimiento formado por papel soluble al agua.

50 Cuando se añade el material dentro de la mezcladora donde está el hormigón residual, el revestimiento de papel soluble al agua se disuelve y el polímero súperabsorbente entra en contacto con el hormigón residual. A través de la rotación de la mezcladora, el polímero súperabsorbente absorbe parte del agua presente en el hormigón residual y se hincha, formando un gel que contiene cemento y otras partículas finas. Esta disposición cubre los agregados y produce un material granular que puede descargarse desde la mezcladora y usarse como un material de relleno para el firme.

El documento JP 2009126761 divulga un agente de floculación para aglomeración de hormigón de mezcla elaborada excedente en un tambor y evitar la fluidez del hormigón de mezcla elaborada. El agente de floculación para

aglomeración de excedente de mezcla elaborada comprende un absorbente polímero como un dispersante que se elige en el grupo formado por poliacrílicos, polivinilalcoholes, polisacáridos y proteínas y capaces de absorber agua en un medio dispersante, incluyendo disolventes orgánicos, una solución salina o similares.

5 El documento WO2012084716 describe un método para producir agregados a partir de hormigón residual no fraguado usando aceleradores de fraguado ultrarrápido, que incluyen hidratos de aluminato de calcio que forman compuestos y silicatos de sodio, más un polímero súperabsorbente, específicamente celulosa, quitosano, colágeno y otros polímeros sintéticos. Ambos ingredientes se mezclan directamente en la mezcladora del camión hasta que se forman materiales granulares. Cuando se añaden los aceleradores de fraguado ultrarrápido mencionados en la invención al excedente de hormigón, reaccionan con el agua para formar hidratos de aluminato de calcio; el consumo de estas moléculas de agua causa el secado del hormigón residual y una reducción acusada de la aptitud para ser trabajado. A continuación, el polímero súperabsorbente absorbe las moléculas de agua adicionales y se hincha, formando una estructura de red de gel que incorpora cemento, los cristales de hidratos de aluminato de calcio y los otros componentes finos del hormigón, como arena y cargas, formando un material granular.

15 El documento LIN YOUNG ET AL: "A new mix design method for steel fibre-reinforced, roller compacted and polymer modified bonded concrete overlays", CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS, vol. 48, 38 Noviembre de 2013 (2013-11-38), páginas 333-341 divulga mezclas de hormigón compactadas con rodillos utilizadas en pavimentos.

20 El documento GB 2390847A divulga un método para suministrar hormigón de flujo libre para aplicaciones de cimentación, que comprende dos mezclas mediante las cuales la primera y la segunda mezclas se mezclan juntas en el sitio antes de la aplicación y la composición de hormigón se transporta de una planta a otra en un camión mezclador de tambor.

25 El documento AMARNATH YERRAMALA ET AL: "Transport properties of high volume fly ash roller compacted concrete", CEMENT AND CONCRETE COMPOSITES, ELSEVIER, APPLIED SCIENCE, BARKING, GB, vol. 33, no. 10, 30 de Julio de 2011 (2011-07-30), páginas 1057-1062 describe la investigación sobre las propiedades de transporte del hormigón compactado con rodillos de cenizas volantes de gran volumen (HCR).

El documento US 4 892 586 divulga una composición de hormigón para uso en un método de colocación compactado con rodillos, en el que la composición incluye un cemento, un agregado, un ácido orgánico y/o una sal del mismo y una sal inorgánica aceleradora de fraguado.

30 El documento US 5 173 117 A divulga un aditivo para pavimento de hormigón compactado con rodillos. El aditivo es un compuesto de tanino hidrolizable utilizado solo o junto con un agente con actividad de superficie.

El documento K. Rendchen ET AL: "Erfahrungen mit Verkehrsflächen aus Walzbeton in Deutschland", Aktuelles zum Thema Betonstrassen: actualización, 30 de abril de 2006 (2006-04-30), páginas 1-8 divulga experiencias relacionadas con el hormigón.

35 Se puede entender fácilmente que la combinación de elementos adicionales en este caso tiene como objetivo acelerar el fraguado del hormigón para producir agregados endurecidos en el menor tiempo posible. Por lo tanto, la presente invención propone un método único y novedoso para usar un equipo de mezcla elaborada convencional para mezclar y suministrar hormigón para fabricar carreteras de hormigón compactado a rodillo, usando una pavimentadora de asfalto o una motoniveladora o un rodillo o cualquier combinación de estos.

Descripción de la invención

40 La presente invención proporciona un método para colocación de hormigón compactado a rodillo (HCR) sobre una subbase para producir un pavimento de hormigón, que comprende:

(a) dosificar un hormigón que tiene una consistencia seleccionada del grupo que consiste en S1, S2, S3, S4 y S5 de acuerdo con la norma europea EN 206-1: 2000 y cargar dicho hormigón en un camión de transporte de hormigón,

45 (b) añadir al menos un agente de peletización seleccionado del grupo que consiste en celulosa, quitosano, poliacrílicos, poliaminas, poli(alcoholes vinílicos), polisacáridos, colágeno, acrilamida, ácido láctico, ácido metacrílico, metacrilato, hidroxietilo, etilenglicol, óxido de etileno, ácido acrílico, floculantes inorgánicos y coagulantes inorgánicos para el hormigón y en espera de 3 a 15 minutos en mezcla constante para producir un hormigón peletizado con un tiempo VEBE clasificado como V0 a V2 de acuerdo con la norma europea EN 12350-3: 2009 y

50 (c) descargar el hormigón peletizado obtenido en la etapa (b) sobre la subbase desde el camión de transporte de hormigón, girando el tambor del camión de transporte de hormigón,

en el siguiente método de la invención.

Pueden usarse elementos adicionales típicos como superplastificantes reductores de agua (p. ej. basados en melamina, naftaleno, lignosulfonato o policarboxilatos) para optimizar la consistencia y el diseño de la mezcla.

Por ejemplo, un hormigón de asentamiento de clase S3 es un hormigón que, tras llevar a cabo el ensayo de asentamiento de hormigón, tiene un valor de asentamiento entre 100 y 150 mm.

5 Una ventaja de usar hormigón no S0 se refiere al hecho de que un hormigón más fluido (S1-S5) permite una mezcla mucho mejor de los ingredientes, permitiendo por lo tanto distribuir mejor el material cementicio en la mezcla y/o incorporar aditivos diversos que se distribuirán homogéneamente dentro de la mezcla (elementos adicionales, aditivos minerales, cargas, fibras, etc.).

Como resultado, el desarrollo de la calidad y de la resistencia, así como la resistencia final y las propiedades del método de colocación de HCR de acuerdo con la invención son mayores que en el caso en que se usa hormigón de asentamiento S0.

10 Otra ventaja de acuerdo con la invención es que el uso de mezclas de hormigón más fluido que el S0 permite o bien reducir la cantidad de materiales cementicios por debajo de 300 kg/m³ de hormigón, respectivamente por debajo de 280 kg/m³ de hormigón, o bien conseguir mayores aguantes para permitir velocidades mayores a los vehículos que circulan sobre el pavimento terminado, para permitir reducir el espesor del estrato colocado de HCR.

15 En la etapa (c) del método de la invención, los pellets pueden colocarse con una pavimentadora, por ejemplo, la pavimentadora puede alimentarse con el hormigón peletizado directamente desde el camión de transporte de hormigón.

20 La pavimentadora es opcional, pueden verse pellets desde el camión hormigonero directamente en la subbase y, a continuación, el rodillo termina el trabajo. Alternativamente, pueden verse pellets primeramente dentro de la pavimentadora que, a continuación, vierte los pellets en la carretera, antes de que el rodillo intervenga. Otra alternativa es descargar el material directamente desde el camión hormigonero en la subbase y usar una motoniveladora o equipo similar para distribuir regularmente el hormigón sobre la subbase y, finalmente, compactar el HCR con un rodillo.

Dependiendo de la calidad final requerida de la carretera, el uso de la pavimentadora de asfalto permite evitar el uso de un rodillo.

25 Otra ventaja de acuerdo con la invención es que la compactación del hormigón en el pavimento final se localiza típicamente entre 95 y 99% (1% - 5% de vacíos), mientras que el HCR normal se limita típicamente a un nivel de compactación inferior al 95%. Esta ventaja está relacionada con la relación agua-cemento superior utilizada en la presente invención, que proporciona un volumen relativo de pasta más elevado.

30 Por lo tanto, otro modo de realización es el método de la invención, en el que la descarga del hormigón peletizado en la etapa (c) se hace directamente sobre la subbase y se distribuye uniformemente de modo manual o mecánico y se prensa usando un rodillo. El hormigón peletizado podría distribuirse uniformemente usando una motoniveladora, que es una pieza de maquinaria usada en construcción, más específicamente usada para crear superficies llanas y para preparar una capa de asiento para carreteras pavimentadas.

35 Otro modo de realización es el método de la invención, en el que la descarga del hormigón peletizado en la etapa (c) se hace dentro de una pavimentadora de asfalto.

Otro modo de realización es el método de la invención, en el que el hormigón, una vez colocado sobre la subbase, se compacta usando un rodillo.

40 El hormigón compactado a rodillo (HCR) de la etapa (c), una vez peletizado, debería clasificarse como de V0 a V2, de acuerdo con la Norma Europea EN 12350-3:2009 (correspondiente a un tiempo VEBE de 10 a 50 segundos). El ensayo de tiempo VEBE se describe en la Norma Europea EN 12350-3:2009, Ensayos de hormigón fresco, Parte 3: Ensayo Vebe.

45 El hormigón fresco se compacta dentro de un molde de asentamiento cónico y se coloca encima de una mesa vibratoria. Se quita el molde y se coloca un disco de plástico claro encima del hormigón. La vibración comienza y se mide el tiempo que el disco transparente tarda en estar completamente en contacto con el hormigón (el tiempo Vebe).

La principal ventaja de este ensayo es que es un ensayo dinámico y puede usarse con hormigones que son demasiado rígidos para un ensayo de asentamiento.

50 Los hormigones clasificados como V3 o V4 de acuerdo con la Norma Europea EN 12350-3:2009 (tiempo VEBE por debajo de 10 segundos) no son adecuados para el método de la presente invención, dichos hormigones hundirían el rodillo una vez aplicados como HCR.

El tiempo VEBE está influido por la consistencia del hormigón de la etapa (a) del método de la invención y la cantidad de agente de peletización. Un hormigón adecuado para la etapa (a) del método de la invención tiene un volumen de pasta inicial con cargas (cemento, agua, finos) de entre 200 y 350 l/m³ y un volumen de mortero (pasta + arena) (cemento, agua, arena y finos de la grava (< 4 mm)) de entre 500 y 700 l/m³. La relación entre volumen de

pasta/volumen de mortero está entre 0,2 y 0,7.

5 El hormigón compactado a rodillo de la etapa (c) tiene todas las ventajas del HCR tradicional con todas las ventajas de un hormigón de mezcla elaborada normal; tiene la capacidad de transportarse y descargarse mediante camiones de mezcla elaborada normales, un método conocido que permite un control total sobre la mezcla y un ajuste completo de la cantidad de producto a los requerimientos de los constructores, incluso para proyectos pequeños. Tras la descarga, puede aplicarse como un HCR convencional, usando un rodillo convencional.

La peletización puede hacerse durante el transporte siempre y cuando se coloquen pellets como firme en el plazo de 1 hora.

10 Típicamente, 1 m³ de hormigón fresco descrito en la etapa (a) del método de la invención comprende de 200 a 400 kg de un aglutinante cementicio, dicho aglutinante cementicio comprende de 60 % a 100 % de Cemento Portland Ordinario (CPO), más preferentemente entre 70 % y 100 % de CPO, y materiales cementicios suplementarios, incluyendo pero no limitándose a escoria, ceniza fina, vapor de sílice y puzolanas naturales. Además, el hormigón fresco descrito en la etapa (a) también consta de agregados, mientras que dichos agregados comprenden de 30 a 60 % (% en volumen) de arena y de 40 a 70 % (% en volumen) de agregados gruesos. Además, el hormigón fresco descrito en la etapa (a) también consta de 0,5 % a 3 % (p/p) de un superplastificante (p. ej. basado en melamina, naftaleno, lignosulfonato o policarboxilatos) y también de 0 a 2 % (p/p) de un retardante (p. ej. lignina, bórax, azúcares o ácidos tartáricos y sales). La relación agua/cemento de dicho hormigón descrito en la etapa (a) está entre 0,4 y 0,6. En algunos casos, el hormigón fresco descrito en la etapa (a) también puede tener de 0,1 a 5 % (p/p) de agente de autocurado y/o de 0,1 a 5 % (p/p) de un agente incorporador de aire. La adición de otros aditivos minerales y/o fibras también es posible, puesto que este modo de realización mejorará la dispersión y unión de las fibras a la matriz. Las fibras mejoran la durabilidad del producto final aumentando la resistencia a la flexión, reduciendo la fisuración por retracción y aumentando la resistencia a la fatiga.

25 Puesto que el hormigón de la etapa (a) no es un hormigón de asentamiento cero, la presente invención tiene la ventaja extra cuando se compara con el HCR tradicional de permitir el uso de agentes de autocurado y/o incorporadores de aire.

Por lo tanto, otro modo de realización es el método de la invención, en el que el hormigón de la etapa (a) comprende un agente de autocurado y/o un agente incorporador de aire.

Otro modo de realización es el método de la invención, en el que el contenido activo sólido de dicho agente de autocurado está a una concentración en el intervalo de 0,1 a 5 % (p/p).

30 Otro modo de realización es el método de la invención, en el que dicho agente de autocurado se selecciona en el grupo formado por alcohol polivalente, fitosteroles, ácido hialurónico, polioxietileno (POE), carboxilato de pirrolidona de sodio (PCA Na), alcohol cetílico, alcohol estearílico y ácido poliacrílico.

35 Otro modo de realización es el método de la invención, en el que dicho alcohol polivalente se selecciona en el grupo formado por polietilenglicol (PEG), propilenglicol (PG), dipropilenglicol (DPG), butilenglicol, neopentilglicol, xilitol, sorbitol y glicerina.

Otro modo de realización es el método de la invención, en el que el contenido activo sólido de dicho agente incorporador de aire está a una concentración en el intervalo de 0,1 a 5 % (p/p).

40 Otro modo de realización es el método de la invención, en el que dicho agente incorporador de aire se selecciona en el grupo formado por sales de resinas de madera, sales de material proteináceo, ácidos grasos, ácidos resinosos, sales grasas, sales resinosas, sales de sulfonato de alquibenceno, sales de sulfonatos de alquilo, sales de sulfonato de alquilo de polioxietileno, éteres de alquil aril de polioxietileno, sales de lignina sulfonada y derivados de sulfonatos de hidrocarburo.

45 Normalmente, tras colocar HCR tradicional, se necesita un curado para evitar pérdida de agua y fisura por secado. Habitualmente, se hace el curado del hormigón mediante pulverización o rociado de agua sobre la superficie del hormigón para garantizar que dicha superficie está húmeda permanentemente. Esto evita que la humedad del hormigón se evapore, contribuyendo a la ganancia de resistencia del producto. Añadiendo agentes de autocurado al hormigón de la etapa (a), se puede evitar la etapa de curado extra, ahorrando recursos y tiempo.

También, añadiendo un agente incorporador de aire, el producto final ha mejorado el aguante a la congelación-descongelación cuando se compara con productos de HCR tradicionales.

50 La adición de agentes de curado, fibras o incorporadores de aire solo es posible dado que el hormigón, antes de la peletización, tiene una consistencia entre S1 y S5.

Adiciones de este tipo no serían posibles con una consistencia S0 de hormigón HCR convencional, debido a la imposibilidad de mezclar homogéneamente dichos componentes.

La operación de peletización del hormigón atraparé las fibras y/o las burbujas de aire que provienen del agente

incorporador de aire en los pellets, de manera que se mantienen las propiedades que se esperan hasta que el hormigón se coloque sin riesgo de pérdidas de aire o aglomeración de fibras.

5 Todos los agregados naturales y artificiales son adecuados para el hormigón de la etapa (a) del método de la invención, incluyendo pero no limitándose a arenas, grabas, cuarzo, arcilla expandida, pizarra, vidrio, agregados de poco peso, como piedra pómez, escorificaciones, etc. Los agregados gruesos pueden ser redondos, angulares, cúbicos, redondeados, en escamas, alargados, mientras que los agregados finos pueden ser angulares, redondeados, etc.

Otro modo de realización es el método de la invención, en el que en la etapa (b) el contenido activo sólido del agente de peletización está a una concentración en el intervalo de 0,3 a 3 kg/m³ de hormigón.

10 Preferiblemente, el agente de peletización es un polisacárido. Este componente ofrece las ventajas de ser efectivo, fácilmente disponible, no tóxico y no costoso.

15 Otra realización es el método de la invención, en el que el hormigón peletizado se usa en trabajos de reparación de pavimentos de hormigón existentes. En tales casos, la colocación del hormigón peletizado no requiere pavimentadoras sofisticadas y se puede hacer manualmente. Además, el uso de un rodillo no es obligatorio y la compactación se puede lograr utilizando placas vibratorias o incluso compactada manualmente. El ejemplo 6 siguiente muestra las características típicas del hormigón de acuerdo con la invención para ser utilizado como material de reparación para pavimentos de hormigón. En tales casos, el agente de peletización se selecciona preferiblemente de, pero sin limitación, polisacáridos, para limitar la resistencia mecánica de las pellas que se van a compactar; el diseño de la mezcla preferiblemente comprende un retardante con dosificaciones típicas del 0,3% - 2%. La relación de grava a arena se ubica entre 0,8 – 1,3. La característica del hormigón para la reparación lo hace adecuado para realizar diversas operaciones de reparación en diferentes lugares utilizando el mismo lote durante hasta 6 horas, preferiblemente hasta 5 horas.

25 Otra realización es el método de la invención, en el que se usan fibras de refuerzo en el hormigón. El Ejemplo 7 muestra la diferencia entre el hormigón reforzado convencional y un hormigón reforzado con fibras de acuerdo con la invención. Se puede ver en el ejemplo 7 que la metodología de acuerdo con la invención produce resultados mucho mejores en términos de resistencia a la tracción por flexión residual, de acuerdo con la norma EN-14651.

30 La metodología de acuerdo con la invención permite alcanzar un estrés de tensión residual más alto que un HCR convencional, usando la misma fracción en volumen de fibras. Además, permite alcanzar un mayor estrés de tensión residual al aumentar la fracción en volumen de las fibras, ya que el problema de distribución y homogeneidad de la fibra en la mezcla de HCR normal no muestra ningún efecto o algunos efectos negativos bajos al aumentar la cantidad de fibras.

35 Las fibras utilizadas para el refuerzo pueden ser metálicas (por ejemplo, seleccionadas de acero, acero inoxidable, recubiertas de zinc), inorgánicas (por ejemplo, seleccionadas de vidrio, basalto, wollastonita) o fibras orgánicas (por ejemplo, seleccionadas de fibra de alcohol polivinílico (fibra de PVA), fibra de polipropileno (fibra de PP), fibra de celulosa (fibra de UF), fibra de polietileno (PETF), con una longitud entre 5 mm y 120 mm. Está claro que la invención no está limitada a ningún tipo o forma de fibras. La fracción de volumen típica de fibras está entre 0,05% hasta 10%, preferiblemente entre 0,1% y 5%.

Lista de definiciones

40 Aglutinante hidráulico. Es un material con propiedades de cementación que fragua y se endurece debido a la hidratación incluso bajo agua. Los aglutinantes hidráulicos producen hidratos de silicato de calcio, también conocidos como HSC.

Cemento. Es un aglutinante que fragua y se endurece y aporta materiales juntos. El cemento más común es el cemento Portland ordinario (CPO) y una serie de cementos Portland combinados con otros materiales cementicios.

45 Cemento Portland ordinario. Cemento hidráulico hecho moliendo clinker con yeso. El cemento Portland contiene silicato de calcio, aluminato de calcio y fases de ferroaluminato de calcio. Estas fases minerales reaccionan con agua para producir resistencia.

Hidratación. Es el mecanismo a través del que el CPO u otros materiales inorgánicos reaccionan con agua para desarrollar resistencia. Se forman hidratos de silicato de calcio y otras especies como etringita, monosulfato, Portlandita, etc.

50 Aditivo mineral. Elementos adicionales minerales (incluyendo los siguientes polvos: vapor de sílice, ceniza fina, escorias) añadidos al hormigón para potenciar las propiedades de frescura, desarrollo de la resistencia a la compresión y mejorar la durabilidad.

Vapor de sílice. Fuente de silicio amorfo que se obtiene como un subproducto de la producción de la aleación de silicio y ferrosilicio. También conocida como microsíllice.

Fibras. Material usado para aumentar el rendimiento estructural del hormigón. Las fibras incluyen: fibras de acero, fibras de vidrio, fibras sintéticas y fibras naturales.

5 Subproducto de aluminosilicato (Ceniza Fina – ceniza de fondo). Componentes aglutinantes reactivos alcalinos que junto con el activador forman la pasta cementicia. Estos minerales son ricos en alúmina y sílice, tanto de estructura amorfa como cristalina.

Puzolana natural. Material de aluminosilicato de origen volcánico que reacciona con hidróxido de calcio para producir hidratos de silicato de calcio o HSC como se conoce en la hidratación del cemento Portland.

Carga inerte. Material que no altera las propiedades físicas del hormigón, pero que no tiene lugar en la reacción de hidratación.

10 Elemento adicional. Especies químicas usadas para modificar o mejorar las propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido. Podrían ser incorporadores de aire, reductores de agua, retardantes de fraguado, superplastificantes y otros.

15 Silicato. Nombre genérico para una serie de compuestos con fórmula $Na_2O \cdot nSiO_2$. Reactivo fluido usado como líquido alcalino cuando se mezcla con hidróxido de sodio. Habitualmente silicato de sodio, pero también puede comprender silicatos de potasio y de litio. La versión en polvo de este reactivo se conoce como metasilicatos y podrían ser pentahidratados o nonahidratados. Los silicatos se denominan como Activador 2 en los ejemplos en esta aplicación.

20 Dispersante inicial. Es un elemento adicional químico usado en composiciones de cemento hidráulico como el hormigón de cemento Portland, parte de la familia de los plastificantes y los superplastificantes, que permite una buena dispersión de las partículas de cemento durante el estadio de hidratación inicial.

25 Superplastificantes. Se refiere a una clase de elemento adicional químico usado en composiciones de cemento hidráulico como el hormigón de cemento Portland que tiene la habilidad de reducir en gran manera la demanda de agua mientras que mantiene una buena dispersión de las partículas de cemento. En particular, los superplastificantes impiden la agregación de las partículas y mejoran las propiedades reológicas y la aptitud para ser trabajados del cemento y del hormigón en el estadio diferente de la reacción de hidratación.

Agregados gruesos. Minerales fabricados, naturales o reciclados con un tamaño de partícula mayor de 8 mm y un tamaño máximo menor de 32 mm.

Agregados finos. Minerales fabricados, naturales o reciclados con un tamaño de partícula mayor de 4 mm y un tamaño máximo menor de 8 mm.

30 Arena. Minerales fabricados, naturales o reciclados con un tamaño de partícula menor de 4 mm.

Ingredientes del hormigón. El hormigón es, principalmente, una combinación de aglutinante hidráulico, arena, agregados finos y/o gruesos, agua. También se puede añadir elemento adicional para proporcionar propiedades específicas como fluencia, menor contenido de agua, aceleración, etc.

35 Aptitud para ser trabajado. La aptitud para ser trabajado de un material se mide con un ensayo de asentamiento (véase más abajo).

Retención de la aptitud para ser trabajado. Es la capacidad de una mezcla para mantener su aptitud para ser trabajada a lo largo del tiempo. El tiempo total requerido depende de la aplicación y del transporte.

40 Desarrollo de la resistencia – fraguado/endurecimiento. El tiempo de fraguado comienza cuando el material de construcción cambia de plástico a rígido. En el estadio rígido el material ya no puede verse o moverse. Correspondiendo, tras esta fase, el desarrollo de la resistencia al endurecimiento del material.

Consistencia del hormigón. La consistencia refleja las propiedades reológicas del hormigón fresco por medio del asentamiento, como se define más abajo:

Tabla 1. Consistencia del hormigón (asentamiento)

EN 206-1		NF P 18-305	
Clase	asentamiento [mm]	Consistencia	asentamiento [mm]
S1	10 a 40	Rígida	0 a 40
S2	40 a 90	Plástica	50 a 90
S3	100 a 150	Altamente plástica	100 a 150

S4	16 a 210	fluida	> 160
S5	> 220		

Breve descripción de las figuras

Figura 1. Valores de asentamiento de un hormigón conforme avanza el tiempo.

5 Figura 2. Tiempo VEBE determinado de acuerdo con la Norma Europea EN 12350-3:2009 para hormigones con diferentes cantidades de agente de peletización.

Figura 3. Tiempo VEBE determinado de acuerdo con la Norma Europea EN 12350-3:2009 para hormigones con diferentes cantidades de agente de peletización.

Figura 4. Detección de Pellets en hormigón tras añadir un agente de peletización.

Figura 5. Estreses vs resultados de CMOD.

10 Figura 6. Estreses vs resultados de CMOD.

Ejemplos de la invención

Ejemplo 1

Se produjo hormigón de asentamiento de clase S3 y se controló el asentamiento conforme avanzaba el tiempo. Los resultados se muestran en la Figura 1.

15 **Ejemplo 2**

Se produjo hormigón de asentamiento de clase S3 y, a continuación, se añadieron diferentes cantidades del agente de peletización. Se determinó el tiempo VEBE de acuerdo con la Norma Europea EN 12350-3:2009 para todos los hormigones y los resultados se muestran en las Figuras 2 y 3.

Diseño de la mezcla

Cemento CEM CPO Optimo 40 R	230 kg/m ³
Adición de agua	146 kg/m ³
Superplastificante (PCE)	2,3 kg/m ³
Incorporador de aire (Resina Vinsol)	2% (p/p)
Arena	912 kg/m ³
Agregado de ¾ pulgada	1,184 kg/m ³

20

Ejemplo 3

Se produjo hormigón de asentamiento de clase S3 con agente de autocurado y, a continuación, se añadió el agente de peletización. Se detectó la aparición de pellets visibles en el hormigón conforme avanzaba el tiempo y los resultados se muestran en la Figura 4.

25

Diseño de la mezcla

Materia prima	kg/m ³
CEM I	300
a/c	0,54
redondo 0/4	889
triturado 4/8	719

Materia prima	kg/m ³
triturado 8/11	339
Superplastificante (PCE)	3,67
Agente de autocurado (PEG)	3
Polisacárido	1,333

Se descargaron los pellets desde el tambor del camión hormigonero y se vertieron directamente dentro de la subbase. Un rodillo compactó dichos pellets para finalizar el trabajo. Debido al uso de un agente de autocurado, no se necesitó ningún curado posterior.

5 Ejemplo 4

Se produjeron 7 m³ de hormigón en una planta de mezcla elaborada y se introdujeron en un camión hormigonero. El hormigón tenía la siguiente composición:

- 1,260 kg de cemento CEM CPO Optimo 40 R
- 490 kg de ceniza fina
- 10 - 18,2 kg de superplastificante (policarboxilato de base éter (PCE))
- 6,398 kg de arena
- 8,316 kg de agregados (1,9 cm de tamaño)

15 A continuación, se añadieron 0,917 m³ de agua al camión hormigonero y comenzó la rotación del tambor con el objeto de mezclar el hormigón. Este hormigón tenía una densidad teórica de 2,465. El camión transporta el hormigón al lugar de trabajo con una rotación permanente del tambor. El lugar de trabajo estaba situado a 40 min desde la planta de mezcla elaborada, por lo tanto, el agente de peletización se añadió solo en el lugar de trabajo. En el lugar de trabajo, se añadieron 9,1 kg de agente de peletización al tambor y se mezcló durante 4 minutos con la mezcla de hormigón. Durante estos 4 minutos, se observó un claro cambio de la consistencia del hormigón – el hormigón fluido se sustituyó por un material granular dentro del camión. Al invertir el movimiento del tambor, este material granular se descargó del camión y se colocó dentro de la pavimentadora que colocó los materiales granulares como firme, 20 siguiendo el procedimiento tradicional para el HCR normal. Después, se compactó el hormigón usando un rodillo tradicional.

Ejemplo 5

Se prepararon 4 m³ de hormigón en una planta de mezcla elaborada con el siguiente diseño de la mezcla:

Cemento Portland Ordinario [Kg/m ³]	Ceniza fina [kg/m ³]	a/c	Superplastificante (p/p)	Arena (%) (vol.)	Agregado Grueso (%) (vol.)
190	60	0,60	0,60%	47%	53%

25 La combinación se premezcla en la planta central y se descarga dentro del camión hormigonero que continúa el mezclado. Puesto que el lugar de trabajo está solo a 5 minutos de la central de mezcla, el agente de peletización también se añade en la planta, antes de que el camión abandone hacia el lugar de trabajo. Una vez llegado al lugar de trabajo, el tambor ya está lleno de material granular que, a continuación, se descarga directamente dentro de la subbase. Una vez colocado, el rodillo compacta el hormigón, finalizando el proceso.

Ejemplo 6

30 Con el fin de realizar un trabajo de reparación, concretamente para cubrir un agujero que apareció en el pavimento de hormigón, se probó el HCR líquido.

El diseño de mezcla utilizado fue el siguiente:

35

ES 2 659 078 T3

Materia prima	Unidad	Cantidad
CEM I 52.5 R	kg/m3	300
agua	kg/m3	180
a/c eficiente	-	0.55
a/c real	-	0.6
redondo 0/4 (arena)	kg/m3	871
triturado 4/8 (grava 1)	kg/m3	704
triturado 8/11 (grava 2)	kg/m3	332
Superplastificante (PCE)	% en peso de cem	1.25
Retardante	% en peso de cem	0.3
Polisacárido	kg/m3	0.75

La grava, cemento, agua, superplastificante y retardante se mezclaron durante 3 minutos en el sitio de trabajo. El agente de peletización se añadió luego y los componentes se mezclaron adicionalmente durante 5 minutos. Se formaron los pellets durante este período.

- 5 Los pellets formados se vertieron desde el cubo en el hueco para lograr una capa de 3-4 cm. El hormigón se extendió con un rastrillo para lograr una altura uniforme. La compactación final se realizó manualmente, con la ayuda de una pala.

Las propiedades del concreto fueron las siguientes:

10

Caracterización fresca		
Tipo	Unidad	Cantidad
Contenido de aire antes de la peletización	%	2.3
Densidad	kg/m3	2370
Asentamiento antes de la peletización	mm	120
Asentamiento después de la peletización	mm	0
VEBE después de la peletización	sec	32

ES 2 659 078 T3

Caracterización endurecida		
Tipo	Unidad	Cantidad
Resistencia a la comprensión (28 días)	Mpa	34
Resistencia a la comprensión (140 días)	Mpa	39

Ejemplo 7

5 Las fibras de refuerzo se ensayaron en HCR convencional y el HCR líquido producido de acuerdo con el método de la invención. Este ejemplo se realizó de acuerdo con la norma EN-14651 Productos de hormigón prefabricado - Método de prueba para hormigón con fibra metálica - medición de la resistencia a la tracción por flexión.

En las siguientes tablas, se pueden ver los diseños de la mezcla y la caracterización fresca y la caracterización endurecida de los hormigones utilizados.

HCR CONVENCIONAL		
Materia prima	Unidad	Cantidad
Cem I 52.5 R	kg/m ³	300
agua	kg/m ³	133
a/c eficiente	-	0.38
a/c real	-	0.44
redondo 0/4 (arena)	kg/m ³	925
triturado 4/8 (grava 1)	kg/m ³	747
triturado 8/11 (grava 2)	kg/m ³	352
Superplastificante (PCE)	% en peso de cem	-
Retardante	% en peso de cem	-
Agente de peletización (floculante)	kg/m ³	-

Caracterización fresca		
Tipo	Unidad	Cantidad
Densidad	kg/m ³	2450

ES 2 659 078 T3

Caracterización fresca		
Tipo	Unidad	Cantidad
Asentamiento	mm	0
VEBE	sec	31
Caracterización endurecida de la matriz de hormigón		
Tipo	Unidad	Cantidad
Resistencia a la compresión (28 días)	Mpa	32
Resistencia a la flexión (28 días)	Mpa	3.7
HCR LÍQUIDO		
Materia prima	Unidad	Cantidad
Cem I 52.5 R	kg/m3	300
agua	kg/m3	180
a/c eficiente	-	0.55
a/c real	-	0.6
redondo 0/4 (arena)	kg/m3	871
triturado 4/8 (grava 1)	kg/m3	704
triturado 8/11 (grava 2)	kg/m3	332
Superplastificante (PCE)	% en peso de cem	1.25
Retardante	% en peso de cem	0.3
Agente de peletización (floculante)	kg/m3	0.75
Caracterización fresca		
Tipo	Unidad	Cantidad

ES 2 659 078 T3

Caracterización fresca		
Tipo	Unidad	Cantidad
Contenido de aire antes de la peletización	%	2.3
Densidad	kg/m ³	2370
Asentamiento antes de la peletización	mm	120
Asentamiento después de la peletización	mm	0
VEBE después de la peletización	sec	32

Caracterización endurecida de la matriz de hormigón		
Tipo	Unidad	Cantidad
Resistencia a la compresión (28 días)	Mpa	34
Resistencia a la flexión (28 días)	Mpa	4

Para cada hormigón, se realizaron 4 mezclas, cada una con diferente contenido de fibra:

Fibras		
Mezcla	Tipo de fibra	Dosificación [% de volumen]
1	Polioléfina	0
2	Polioléfina	0.25
3	Polioléfina	0.5
4	Polioléfina	0.75

5

Las características de la fibra utilizada se muestran en la siguiente tabla:

Características de las Fibras		
Característica	Unidad	Valor
Material	-	Polioléfina
Densidad	kg/m ³	910
Resistencia a la tensión	Mpa	618

ES 2 659 078 T3

Características de las Fibras		
Característica	Unidad	Valor
Módulo E	Gpa	>10
Longitud	mm	50
l/d	-	90

Por lo tanto, se produjeron un total de 8 muestras.

Los resultados para la resistencia a la tracción por flexión se muestran en la siguiente tabla (caracterización endurecida de las muestras de hormigón realizadas de acuerdo con la norma EN-14651 - 3PBT):

HCR CONVENCIONAL				
	HCR - 0% de ref	HCR - 0.25%	HCR - 0.5%	HCR - 0.75%
Fibra [% en vol]	0%	0.25%	0.50%	0.75%
fL [Mpa]	3.3	4.25	3.72	1.85
f1 [Mpa]	0.78	0.88	1.19	1.27
f2 [Mpa]	0.17	0.55	0.79	0.79
f3 [Mpa]	0.06	0.53	0.68	0.65
f4 [Mpa]	0.02	0.48	0.59	0.54
Energía [N/mm]	1.54	3.2	3.79	3.37
HCR LÍQUIDO				
	HCR LÍQUIDO – 0 % de ref	HCR LÍQUIDO - 0.25%	HCR LÍQUIDO - 0.5%	HCR LÍQUIDO - 0.75%
Fibra [% en vol]	0%	0.25%	0.50%	0.75%
fL [Mpa]	3.91	4.56	2.92	4.67
f1 [Mpa]	0.39	0.88	1.21	1.45
f2 [Mpa]	0.02	0.45	0.71	1.29
f3 [Mpa]	0	0.39	0.55	1.21
f4 [Mpa]	0	0.35	0.46	1.12
Energía [N/mm]	1.03	2.79	3.38	5.79

REIVINDICACIONES

- 1.- Método para colocación de hormigón compactado a rodillo (HCR) sobre una subbase para producir un pavimento de hormigón, caracterizado por que comprende:
- 5 (a) dosificar un hormigón que tenga una consistencia seleccionada del grupo que consiste en S1, S2, S3, S4 y S5 de acuerdo con la norma europea EN 206-1: 2000 y cargar dicho hormigón en un camión de transporte de hormigón,
- 10 (b) añadir al menos un agente de peletización seleccionado del grupo que consiste en celulosa, quitosano, poliacrílicos, poliaminas, poli(alcoholes vinílicos), polisacáridos, colágeno, acrilamida, ácido láctico, ácido metacrílico, metacrilato, hidroxietilo, etilenglicol, óxido de etileno, ácido acrílico, floculantes inorgánicos y coagulantes inorgánicos para el hormigón y en espera de 3 a 15 minutos en mezcla constante para producir un hormigón peletizado con un tiempo VEBE clasificado como V0 a V2 de acuerdo con la norma europea EN 12350-3: 2009 y
- (c) descargar el hormigón peletizado obtenido en la etapa (b) sobre la subbase desde el camión de transporte de hormigón, girando el tambor del camión de transporte de hormigón.
- 15 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la descarga del hormigón peletizado en la etapa (c) se realiza directamente sobre la subbase y se distribuye de manera uniforme manual o mecánicamente y se prensa usando un rodillo.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la descarga del hormigón peletizado en la etapa (c) se realiza dentro de una pavimentadora de asfalto.
4. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3, caracterizado porque el hormigón una vez colocado en la subbase se compacta usando un rodillo.
- 20 5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el hormigón de la etapa (a) comprende un agente de autocurado y/ o un agente incorporador de aire.
6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque el contenido activo sólido de dicho agente de autocurado está en una concentración en el rango de 0,1 a 5% (p/p).
- 25 7. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, caracterizado porque dicho agente de autocurado se selecciona del grupo que consiste en alcohol polivalente, fitoesteroles, ácido hialurónico, polioetileno (POE), pirrolidona carboxilato de sodio (PCA-Na), alcohol cetílico, alcohol estearílico y ácido poli-acrílico.
8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque dicho alcohol polivalente se selecciona del grupo que consiste en polietilenglicol (PEG), propilenglicol (PG), dipropilenglicol (DPG), butilenglicol, neopentil glicol, xilitol, sorbitol y glicerina.
- 30 9. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado porque el contenido activo de sólido de dicho agente incorporador de aire está en una concentración en el rango de 0,1 a 5% (p/p).
10. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado porque dicho agente incorporador de aire se selecciona del grupo que consiste en sales de resinas de madera, sales de material proteináceo, ácidos grasos, ácidos resinosos, sales grasas, sales resinosas, sales de sulfonato de alquilbenceno, sales de sulfonatos de alquilo, sales de sulfonato de alquilo de polioxietileno, éteres de alquil aril de polioxietileno, sales de lignina sulfonada y derivados de sulfonatos de hidrocarburo.
- 35 11. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque en la etapa (b) el contenido activo sólido del agente de peletización está en una concentración en el rango de 0,3 a 3 kg/m³ de hormigón.
- 40 12. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 5 u 11, caracterizado porque el hormigón de la etapa (a) comprende fibras.

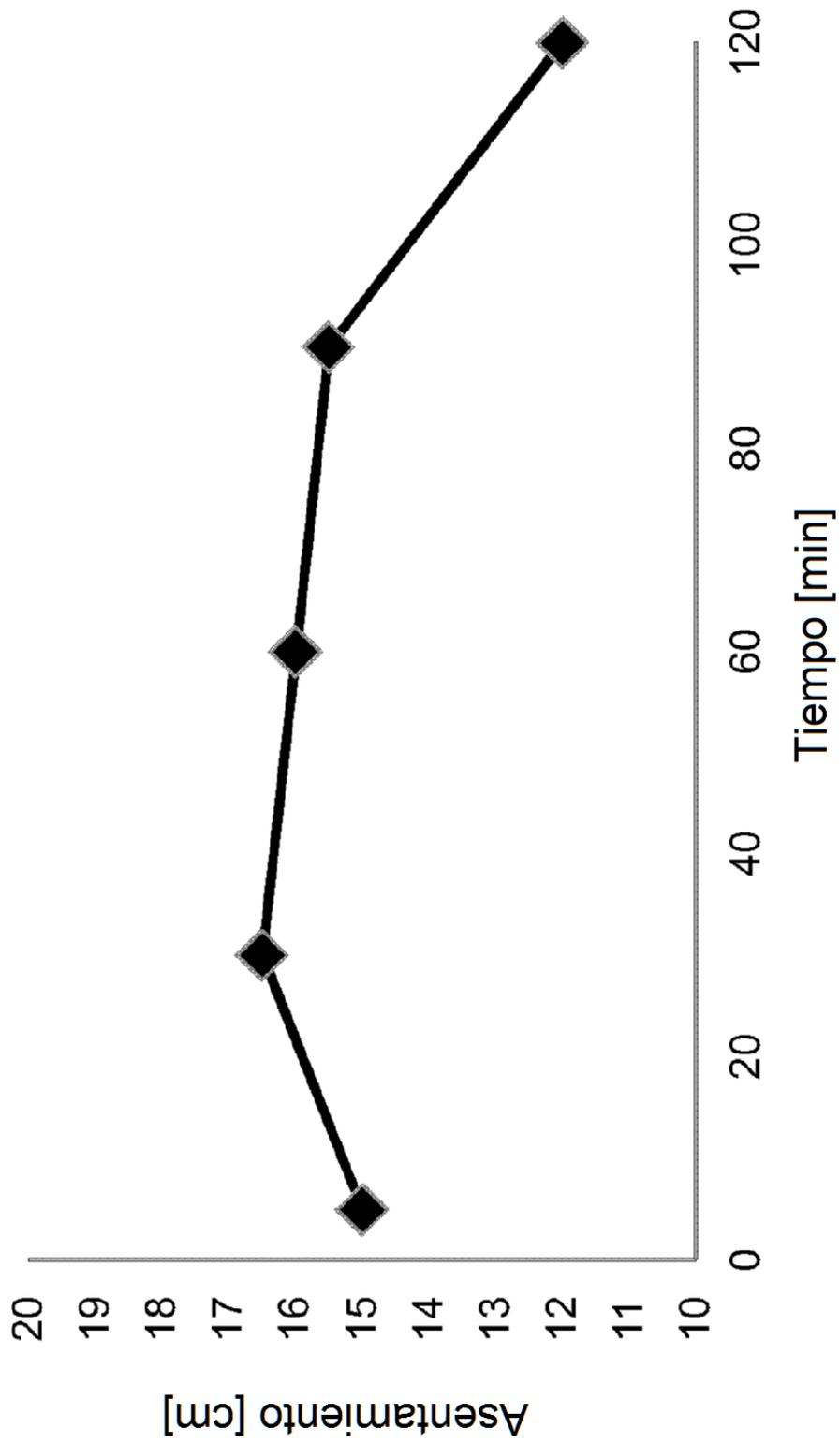


Fig.1

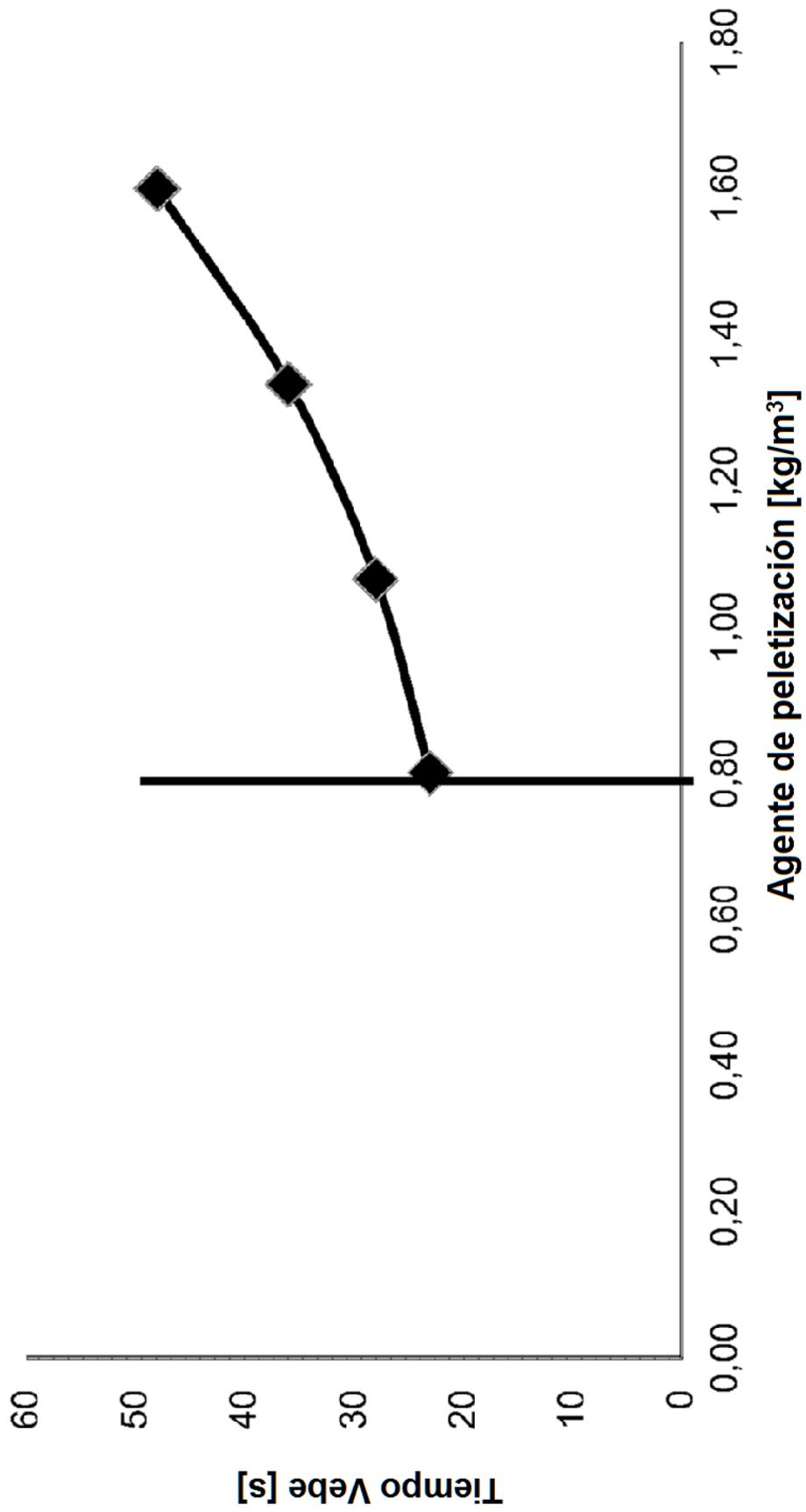


Fig. 2

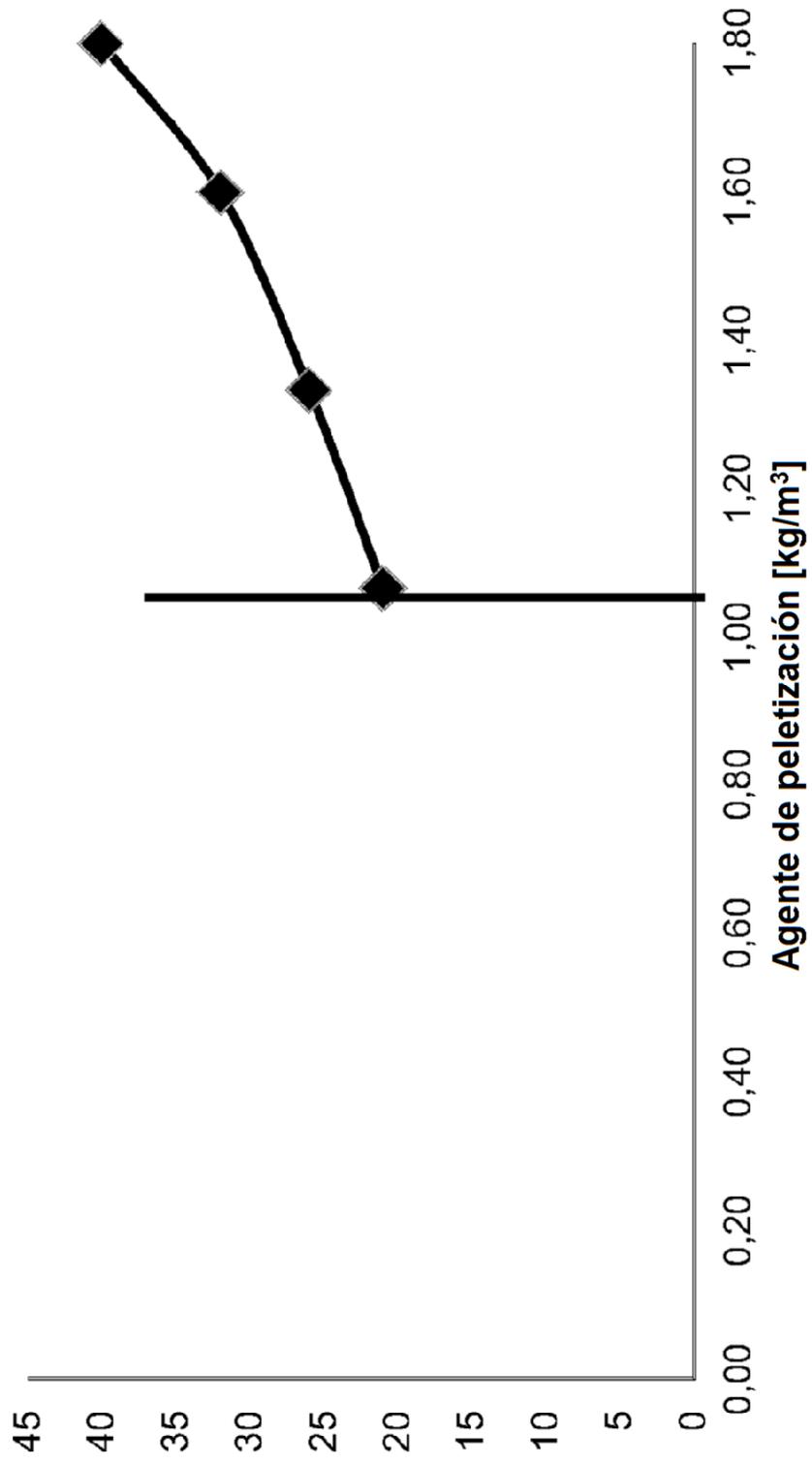


Fig. 3

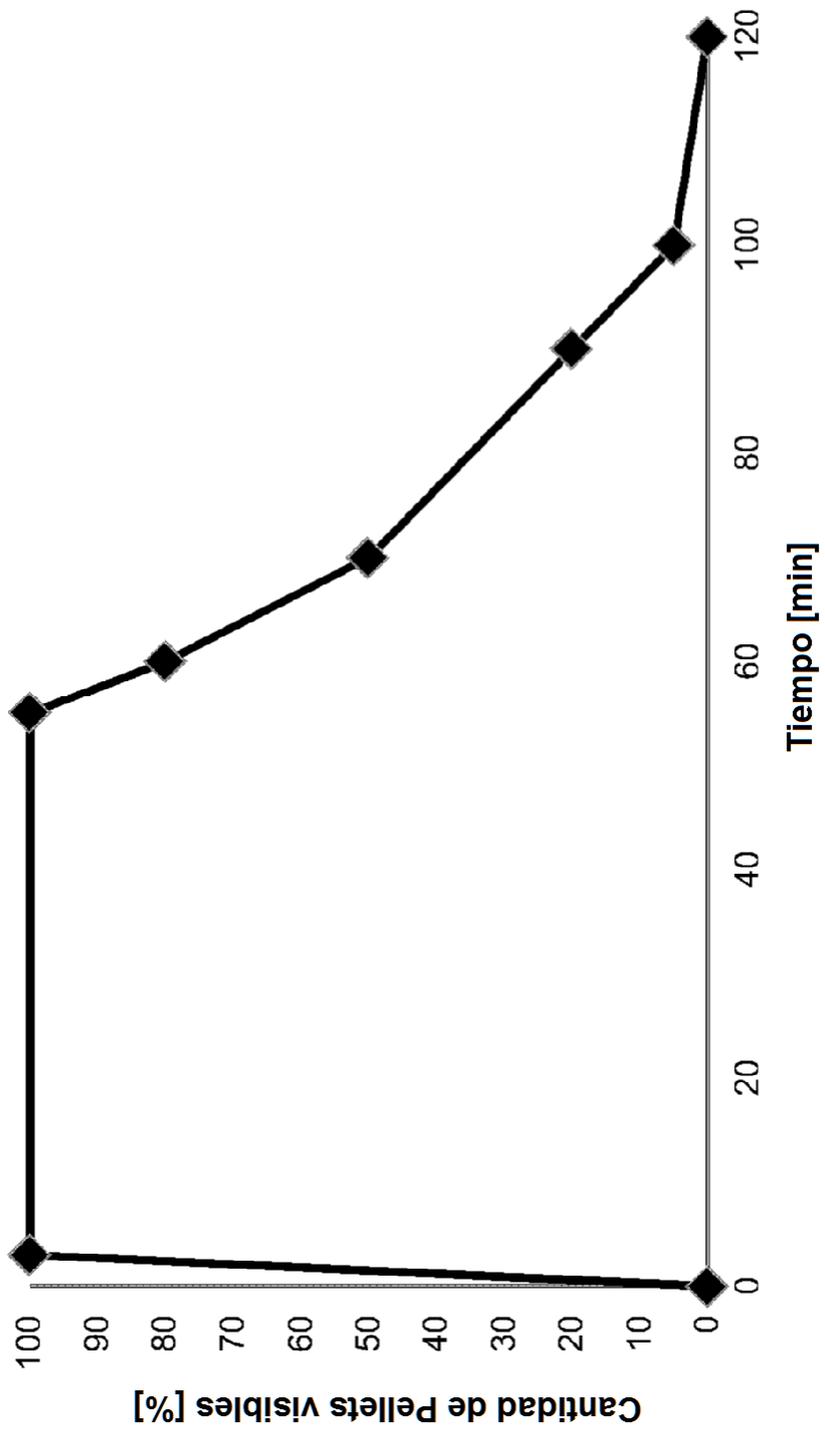


Fig. 4

FR-HCR - Estreses vs CMOD

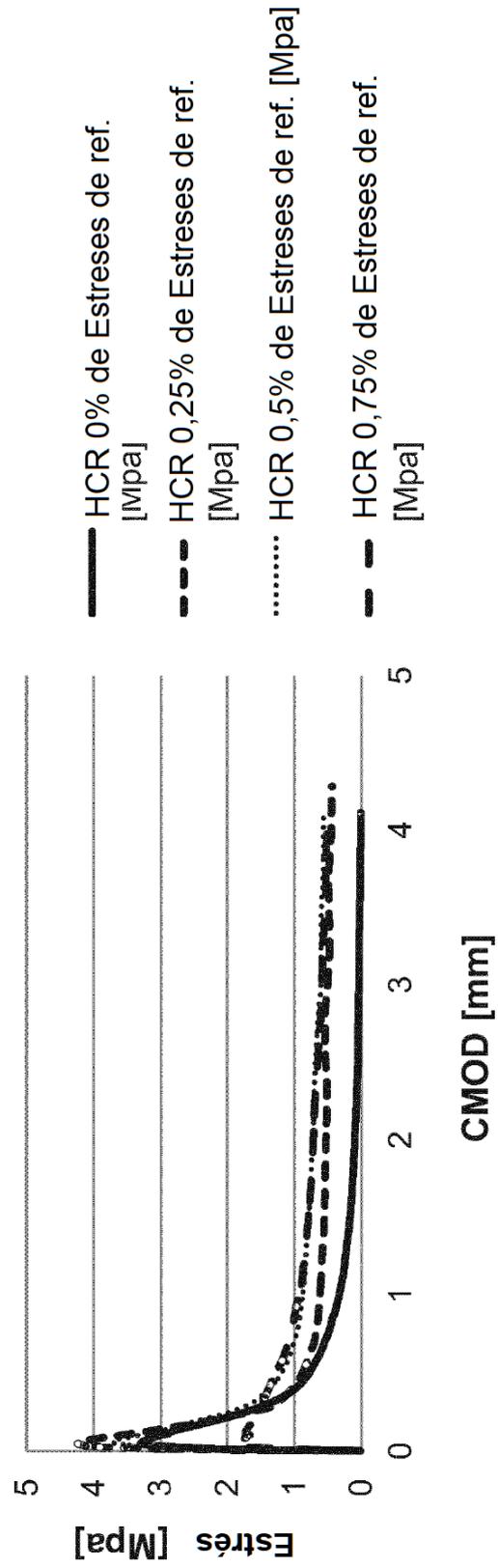


Fig. 5

HCR FR-líquido - Estresses vs CMOD

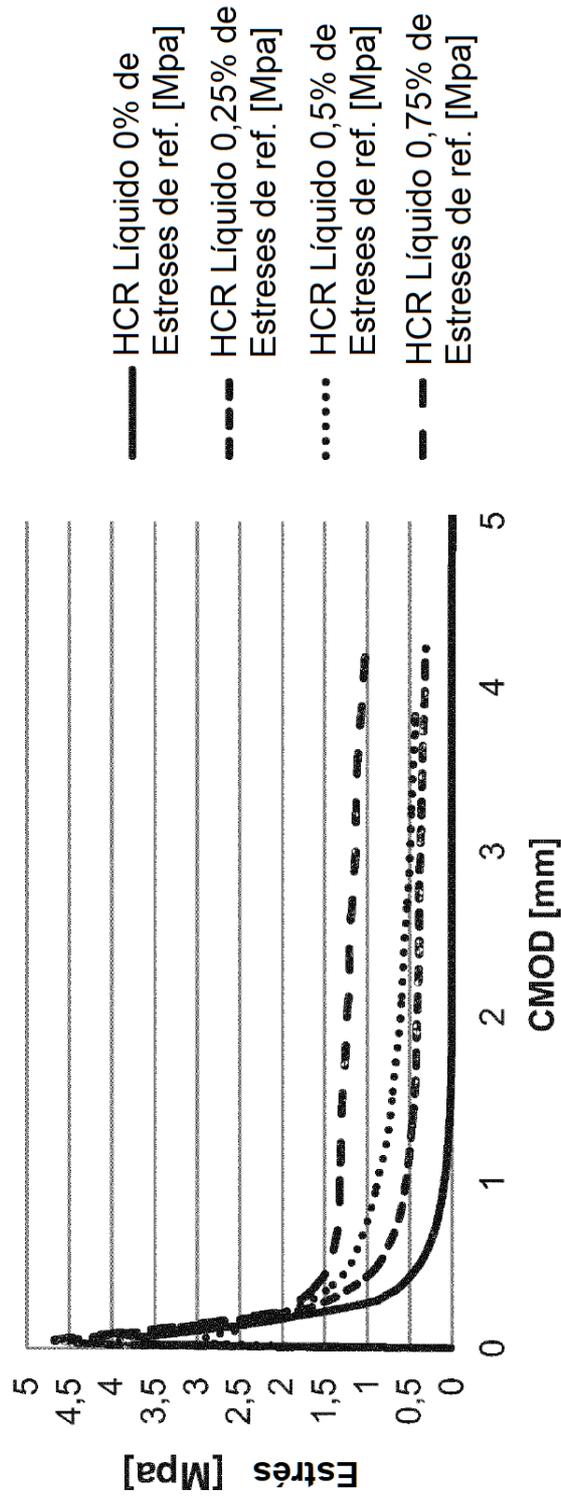


Fig. 6