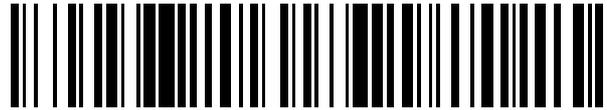


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 396**

21 Número de solicitud: 201631632

51 Int. Cl.:

**C04B 18/14** (2006.01)

**C04B 14/48** (2006.01)

**C04B 16/06** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**21.12.2016**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**21.06.2018**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE BURGOS (100.0%)  
CALLE HOSPITAL DEL REY  
09001 BURGOS ES**

72 Inventor/es:

**DE LA FUENTE ALONSO, José Antonio;  
ORTEGA-LÓPEZ, Vanesa;  
SKAF REVENGA, Marta;  
ARAGÓN TORRE, Ángel y  
MANSO VILLALALÁIN, Juan Manuel**

54 Título: **HORMIGÓN SIDERÚRGICO REFORZADO CON FIBRAS**

57 Resumen:

La invención proporciona un hormigón preparado a partir de escoria de horno eléctrico de arco (EHEA) reforzado con fibras, que pueden ser del tipo metálicas o sintéticas, de forma que dicho hormigón presenta unas propiedades de resistencia, ductilidad, tenacidad y durabilidad óptimos para su utilización en pavimentos bajo técnicas viables y de aplicación inmediata en la ingeniería civil, cumpliendo las prescripciones establecidas en la normativa de aplicación, reutilizando residuos de la industria siderúrgica y evitando las desventajas de los hormigones conocidos del estado actual de la técnica.

**ES 2 673 396 A1**

## **HORMIGÓN SIDERÚRGICO REFORZADO CON FIBRAS**

### **DESCRIPCIÓN**

#### **5 CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION**

La presente invención se enmarca en el campo de en el sector de la Construcción y la Ingeniería Civil, dentro del campo de Nuevos Materiales, y en el Sector Técnico del Reciclado y Aprovechamiento de Desechos procedentes de otras actividades  
10 industriales.

Así, la invención proporciona un hormigón siderúrgico reforzado con fibras, esto es un hormigón que incluye escoria negra de horno eléctrico de arco (EHEA) en sustitución parcial de los componentes áridos naturales, que además está reforzado con fibras  
15 metálicas o sintéticas. El hormigón de la invención presenta unas propiedades de resistencia, ductilidad, tenacidad y durabilidad óptimos para su utilización en pavimentos bajo técnicas viables y de aplicación inmediata en la ingeniería civil, cumpliendo las prescripciones establecidas en la normativa de aplicación.

20 Igualmente, la invención se refiere al uso del hormigón siderúrgico reforzado en soleras o pavimentos reforzados con fibras en sustitución del mallazo de reparto.

#### **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

25 La exigencia social de protección medioambiental y desarrollo sostenible, nos lleva a la necesidad de preservar los recursos naturales, reducir el vertido de residuos y a reutilizar y reciclar residuos y subproductos industriales, consiguiendo de esta manera controlar la contaminación ambiental y la sobreexplotación de recursos.

30 Muchos de los residuos industriales contienen una elevada cantidad de elementos reciclables y pueden constituir una fuente de materia prima de muy bajo costo. Este es el caso de las escorias negras de horno eléctrico de arco (EHEA), que, de ser un residuo impactante para el medio natural, pueden convertirse en un recurso útil para la obtención de materiales alternativos a los fabricados con materiales y técnicas  
35 tradicionales.

La fase de fusión de la chatarra en las acerías de España deja una cantidad de más de un millón de toneladas al año de Escoria Negra de Horno Eléctrico de Arco. Existen diversas investigaciones que estudian la aplicación de esta escoria negra, como son la fabricación de hormigones convencionales, fabricación de morteros, fabricación de  
 5 mezclas bituminosas, utilización en capas base y sub-base de carreteras, en vías férreas, etc... [por ejemplo, Akinmusuru, J.O., "Potential beneficial uses of steel slag wastes for civil engineering purposes", Resources, Conservation and Recycling, 1991, 5(1): p. 73-80; Fronek, B.A., "Feasibility of Expanding the use of Steel Slag as a Concrete Pavement Aggregate", 2012, PhD Cleveland State University; García, C.,  
 10 J.T. San José y J.I. Urreta, "Reuse and valorization in civil works of electric arc furnace (EAF) slag produced in C.A.P.V.", Waste Treatment and clean Technology (REWAS, 1999, San Sebastian; Rubio, A.R. y J.G. Carretero, "La aplicación de las escorias de acería en carreteras", Ingeniería Civil, 1991. 80: p. 5-9; Serjun, V.Z., B. Mirtiĉ y A. Mladenoviĉ, "Evaluation of ladle slag as a potential material for building and civil  
 15 engineering", Materiali en Tehnologije, 2013, 47(5): p. 543-550).

A pesar de estas aplicaciones, los acopios de escoria negra de HEA siguen existiendo, lo que impulsa a la búsqueda de nuevas alternativas a dicho residuos que ayude a reducirlos.

20

Por otro lado, el mundo de la construcción requiere de gran cantidad de material. Los áridos constituyen, por definición, un producto elaborado a partir de materiales naturales o industriales. Constituyen la base de la mayor parte de las estructuras de ingeniería civil y su consumo anual en la Unión Europea se estima en torno a los 3000  
 25 millones de toneladas al año. En España en particular, esta cifra alcanza los 90 millones de toneladas al año. Tradicionalmente, toda esta materia prima proviene directamente de rocas macizas o de aluvi6n. Con objeto de prevenir la sobreexplotaci6n de canteras y al mismo tiempo reducir el volumen que ocupan los residuos industriales, parece l6gico que el mundo de la industria est6 buscando  
 30 sustitutos a los materiales naturales.

Hasta hace poco, las investigaciones contemplaban la aplicaci6n de hormig6n sider6rgico con car6cter no estructural. Sin embargo, en la construcci6n del edificio "KUBIK" se ha utilizado con funci6n estructural en la ejecuci6n de la losa de  
 35 cimentaci6n y de los muros de s6tano (Arribas, I. y col., "Application of steel slag concrete in the foundation slab and basement wall of the Tecnalia kubik building", 6th

European Slag Conference Proceedings, 2010, Madrid, Euroslag), de igual modo investigaciones recientes muestran una alta resistencia mecánica y un aumento progresivo de la misma durante su primer año de curado (Polanco, J.A. y col., “Strength and durability of concrete made with electric steelmaking slag”, ACI Materials Journal, 2011, 108(2): p.196-203).

Algunos de los inconvenientes que la escoria negra provoca en este tipo de hormigones es, debido a su gran porosidad y angulosidad, la disminución de la trabajabilidad en la mezcla en fresco (Etxeberria, M. y col., “Properties of concrete using metallurgical industrial by-products as aggregates”, Construction and Building Materials, 2010, 24(9): p.1594-1600). Pese a ello, Manso y col. (Manso, J.M. y col., “Design and elaboration of concrete mixtures using steelmaking slags”, ACI Materials Journal, 2011, 108(6): p.673-681) llegaron a la conclusión de que es posible fabricar hormigón con un 100% de árido grueso siderúrgico y hasta un 65% de árido fino siderúrgico, completando la granulometría fina con árido natural silíceo.

Por otro lado, durante el endurecimiento del hormigón, es frecuente la aparición de microgrietas generadas por la retracción del material, típicas de matrices frágiles como son los hormigones. Los hormigones reforzados con fibras (HRF) se definen, según la EHE-08, anejo 14 (Instrucción para realización de obras de hormigón estructural, M. de Fomento, 2008, Comisión permanente de Hormigón, Madrid), como aquellos hormigones que incluyen en su composición fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa.

La incorporación de fibras en el hormigón convencional aporta un comportamiento más dúctil, incrementando su tenacidad, mejorando su resistencia a la flexotracción y disminuyendo su fisuración por retracción (Bemal, S. y col., “Mechanical behaviour of Steel fibre reinforced alkali activated slag concrete”, Materiales de Construcción, 2009, 59(293): p. 53-62; Yazici, S. y col., “Effect of aspect ratio and volumen fraction of Steel fiber on the mechanical properties of SFRC”, Construction and Building Materials, 2007, 21(6):p. 1250-1253; Turmo y col., “Study of the shear behaviour of fiber reinforced concrete beams”, Materiales de Construcción, 2008, 58(292): 9. 5-13). El hormigón reforzado con fibras puede ser usado, reduciendo o incluso eliminando la armadura convencional, en aplicaciones como el hormigón proyectado o pavimentos.

35

Por lo anteriormente expuesto, y teniendo en cuenta que un sistema eficaz para

detener la propagación de las microgrietas generadas por la retracción es la incorporación de fibras como componente reforzante, la presente invención pretende fabricar hormigón siderúrgico con buenas propiedades mecánicas para su empleo en pavimentos, mediante la incorporación a la mezcla de fibras, que pueden ser de tipo  
5 metálico o sintético.

Además, la presente invención solventa los problemas de reciclado de materiales de desecho en la industria de acería. Todo ello, se compatibiliza con una rentabilidad económica y un proceso de obtención sencillo y al alcance de cualquiera, de modo  
10 que la propuesta sea atractiva para su aplicación.

Otra de las ventajas es la disminución de la energía necesaria para su fabricación, al incluir en su composición subproductos industriales de desecho como alternativa a las cargas minerales tradicionales, disminuyendo la energía empleada en el proceso de  
15 extracción de áridos.

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención queda establecida y caracterizada en las reivindicaciones  
20 independientes, mientras que las reivindicaciones dependientes describen otras características de la misma.

En un aspecto, el objeto de la invención es proporcionar un hormigón con escoria de horno eléctrico de arco (EHEA) reforzado con fibras, que pueden ser del tipo metálicas  
25 o sintéticas, de forma que dicho hormigón presenta unas propiedades de resistencia, ductilidad, tenacidad y durabilidad óptimos para su utilización en pavimentos bajo técnicas viables y de aplicación inmediata en la ingeniería civil, cumpliendo las prescripciones establecidas en la normativa de aplicación y evitando las desventajas antes citadas de los hormigones conocidos del estado actual de la técnica.

30 En otro aspecto de la invención, se proporciona una salida técnicamente posible a la escoria de HEA, sustituyendo parcialmente la utilización de áridos naturales, contribuyendo de esta forma a minimizar la explotación de recursos naturales.

35 Así, en referencia al primer aspecto de la invención, ésta se refiere a un hormigón siderúrgico reforzado con fibras, metálicas o sintéticas, que comprende una mezcla de

cemento, áridos siderúrgicos, arenas silíceas, agua, aditivos superplastificantes y distintas proporciones y tipos de fibras metálicas o sintéticas.

El hormigón de la presente invención presenta las siguientes ventajas con respecto a los hormigones convencionales con fibras y los hormigones siderúrgicos:

- Aumento de la resistencia a la aparición de 1ª fisura;
- Aumento de la tenacidad del hormigón siderúrgico;
- Mejora de las resistencias mecánicas del hormigón (resistencia a compresión, a flexión, a tracción indirecta);
- 10 – Aumento de la resistencia al impacto, tanto hasta la aparición de la primera fisura como hasta la rotura.

### **EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

En de la presente descripción, se hace referencia a la escoria de horno eléctrico de arco con sus siglas EHEA, constituyendo estas escorias el árido siderúrgico.

En el contexto de la descripción, el término “hormigón siderúrgico” se refiere a un hormigón con árido procedente de la producción de acero.

20 Igualmente, en este contexto, por el término “fibras” se entienden elementos de corta longitud y pequeña sección que sirven como refuerzo al hormigón, “superplastificante” se refiere a un aditivo que confiere al hormigón mejor trabajabilidad y bombeabilidad, “arenas silíceas” se refiere a árido fino de naturaleza silícea.

25 Tal como se ha mencionado anteriormente, la presente invención se refiere a un hormigón siderúrgico reforzado con fibras metálicas o sintéticas, que comprende una mezcla de cemento, áridos siderúrgicos, arenas silíceas, agua, aditivos superplastificantes y fibras metálicas o sintéticas, donde los áridos siderúrgicos tienen una distribución de tamaño de partícula de árido grueso (granulometría 10-20 mm) y 30 árido medio (4-10 mm) y arena (0-4 mm) y están presentes en una proporción árido grueso/medio : arena : cemento de 3 : 3 : 1, donde la proporción de superplastificante con respecto al cemento es del 1 al 1,5% en peso, la proporción de fibras metálicas o sintéticas oscila entre el 0,30 y el 0,60% en volumen respecto al hormigón, la relación agua:cemento es del 0,5 en peso y la arena incluye un 50% en peso de arenas 35 silíceas de granulometría 0-4 mm.

En una forma de realización de la invención, el cemento utilizado para la obtención del hormigón siderúrgico es un cemento Portland CEM I 42,5 R cuyos principales compuestos constituyentes, detectados mediante técnicas de análisis por fluorescencia de rayos X (FRX), son CaO (60,4%), SiO<sub>2</sub> (21,3%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (6,1%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (4,0%) y en menores proporciones otros como Mg y Na, 95% de Clinker y 5% de carga caliza. Densidad de 3,15 g/cm<sup>3</sup> y superficie específica de Blaine de 3.400 cm<sup>2</sup>/g.

En otra forma de realización, el superplastificante empleado en el hormigón siderúrgico de la invención es un superplastificante modificado en base acuosa con una densidad aproximada de 1,08 g/cm<sup>3</sup>, pH aproximado de 5 y un contenido en sólidos del 36%.

La caracterización química de las diferentes muestras de árido siderúrgico se llevó a cabo mediante fluorescencia de rayos X y se muestra en la siguiente tabla 1.

15

En la tabla 2 se muestra la caracterización física-mecánica de los áridos siderúrgicos EHEA, incluyendo una comparación con los límites establecidos en la normativa de referencia "Instrucción de Hormigón Estructural" (EHE-08)" (REAL DECRETO 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08)).

20

Tabla 1:  
Caracterización química de los áridos siderúrgicos  
% peso

| Componente<br>(%peso)          | EHEA<br>0-4 mm | EHEA<br>4-10 mm | EHEA<br>10-20 mm | media |
|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|-------|
| CaO                            | 27,9           | 27,3            | 27,9             | 27,70 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 27,0           | 26,7            | 26,8             | 26,83 |
| SiO <sub>2</sub>               | 19,1           | 19,0            | 19,2             | 19,10 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,5           | 13,9            | 13,8             | 13,73 |
| MnO                            | 5,4            | 5,6             | 5,1              | 5,36  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,5            | 2,8             | 2,2              | 2,48  |
| MgO                            | 2,4            | 2,5             | 2,7              | 2,53  |
| C                              | 0,33           | 1,11            | 0,05             | 0,50  |
| S                              | 0,109          | 0,108           | 0,125            | 0,11  |

Tabla 2:

Caracterización física-mecánica de los áridos siderúrgicos

| Propiedad y normativa   | Escoria negra | EHEA     | Límites EHE-08 |              |
|---|---------------|----------|----------------|--------------|
|   |               |          | Frac. fina     | Frac. gruesa |
|   | 0/4           | 4/20     |                |              |
| Densidad aparente de partículas (Kg/m <sup>3</sup> ) UNE-EN 1097-6                      | 3640          | 3510     | -              | -            |
| Densidad partículas tras secado en estufa (Kg/m <sup>3</sup> ) UNE-EN 1097-6            | 3510          | 3130     | -              | -            |
| Densidad de partículas saturadas con superficie seca (Kg/m <sup>3</sup> ) UNE-EN 1097-6 | 3540          | 3240     | -              | -            |
| Absorción de agua (%) UNE-EN 1097-6   | 1,12          | 3,51     | ≤5             | ≤5           |
| Pérdida de peso en cinco ciclos de sulfato magnésico (%) UNE-EN 1367-2                  | -             | 1,65     | -              | ≤18          |
| Coefficiente de friabilidad (%) UNE-EN 1097-1   | -             | 15,40    | -              | ≤40          |
| Desgaste de los Ángeles (%) UNE-EN 1097-2   | -             | 23,87    | -              | ≤40          |
| Índice de Lajas (%) UNE-EN 933-3  | -             | 2,80     | -              | <35          |
| Equivalente en arena (%) UNE-EN 933-8   | 98            | -        | >70-75         | -            |
| Terrones de arcilla (%) UNE 7133  | Ausencia      | Ausencia | ≤1             | ≤0,25        |

En otra forma de realización de la invención, las arenas silíceas de tamaño 0-4 mm empleadas en el hormigón siderúrgico de la invención tienen un contenido de finos según UNE-EN-933-1 de 1,58% y un equivalente de arena según UNE-EN 933-8 de 89. Las propiedades de la arena silícea se muestran en la tabla 3 siguiente.

Tabla 3:

Propiedades de la arena silícea

10

| Propiedad y normativa                             | Arena silícea 0-4 mm |
|---|----------------------|
| Materia orgánica (%) UNE-EN 1744-1                | más claro            |
| Partículas bajo peso específico (%) UNE-EN 1744-1 | 0,00                 |
| Contenido total en azufre (%) UNE-EN 1744-1       | 0,0014               |
| Sulfatos solubles en ácidos (%) UNE-EN 1744-1     | 0,00                 |

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Cloruros (%) UNE-EN 1744-1            | 0,0021 |
| Equivalente en arena (%) UNE-EN 933-8 | 89     |
| Contenido en finos (%) UNE-EN 933-1   | 1,58   |

Tal como se ha mencionado anteriormente, el hormigón siderúrgico de la invención esta reforzado con fibras, pudiendo estar ser metálicas o sintéticas.

- 5 En una forma de realización de la invención, las fibras empleadas para la fabricación del hormigón siderúrgico reforzado son fibras metálicas, preferentemente fibras de acero sueltas, con especial preferencia fibras de acero sueltas con extremos conformados (RL-45/50-BN). En la tabla 4 siguiente se muestran las propiedades de las fibras metálicas de acero empleadas con especial preferencia.

10

Tabla 4

| Fibras metálicas de acero RL-45/50-BN                     |         |
|---|---------|
| Longitud (mm)   | 50      |
| Diámetro (mm)   | 1,05    |
| Longitud/diámetro   | 45      |
| Esbeltez  | 48      |
| Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )                             | 7900    |
| Resistencia a la tracción (MPa)                           | >1000   |
| Módulo de Young (MPa)                                     | 210.000 |
| Numero de fibras por kg                                   | 2800    |
| Longitud de alambre en 1 kg (m)                           | 140     |
| Cuantía recomendada por el fabricante(kg/m <sup>3</sup> ) | 20-60   |

- 15 En otra forma de realización de la invención, las fibras empleadas para la fabricación del hormigón siderúrgico reforzado son fibras sintéticas, preferentemente fibras de poliolefinas, con especial preferencia fibras de poliolefinas monofilamento (M-48). En la tabla 5 siguiente se muestran las propiedades de las fibras de poliolefinas monofilamento empleadas con especial preferencia.

20

Tabla 5

| Fibras sintéticas M-48 |                     |
|------------------------|---------------------|
| Composición química    | 100% poliolefinas - |

|  |              |
|--|--------------|
|  | homopolímero |
| Proceso de transformación                  | Extrusión    |
| Densidad (20°C) (kg/m <sup>3</sup> )       | 910          |
| Absorción de agua (%)                      | 0            |
| Grosor (deniers)                           | Aprox. 3.500 |
| Diámetro equivalente (mm)                  | 0,93         |
| Longitud (mm)                              | 48           |
| Esbeltez (mm)                              | 60           |
| Frecuencia de la fibra(ud/Kg)              | 32895        |
| Resistencia a la tracción (MPa) ASTM D-638 | >400         |
| Elongación (%) ASTM D-638                  | 7            |
| Módulo de elasticidad (GPa) ASTM D-790     | >6           |
| T distorsión (°C) ASTM D-648               | 110          |
| T descomposición (°C) ASTM D-648           | 280          |

El proceso de fabricación del hormigón siderúrgico reforzado con fibras de la invención no está particularmente limitado, siendo de aplicación los procedimientos habituales de preparación basados en la mezcla. Brevemente, se mezclan en primer lugar los áridos y el cemento en seco. Posteriormente se le aporta el agua despacio para que se distribuya homogéneamente en la mezcla y, posteriormente, se le añade el plastificante, pudiendo mezclarse éste también con el agua de amasado. Por último, se añade la cantidad correspondiente de fibras metálicas o sintéticas, distribuyéndolas uniformemente en la mezcla, y amasándolas hasta que presente una dispersión perfecta en la mezcla.

En la siguiente tabla 6 se muestran diversos ejemplos de realización del hormigón siderúrgico reforzado con fibras metálicas (EM1 y EM2) y con fibras sintéticas (ES1 Y ES2), obtenido según el proceso arriba descrito, con las siguientes composiciones:

Tabla 6

| Dosificación                          | EM1 | EM2 | ES1 | ES2 |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Cemento: C (Kg)                       | 363 | 363 | 363 | 363 |
| Agua (l)                              | 181 | 181 | 181 | 181 |
| Árido silíceo 0-4 mm (Kg)             | 498 | 498 | 498 | 498 |
| Árido de escoria 0-4 mm (Kg)          | 514 | 514 | 514 | 514 |
| Árido fino de escoria 4-10 mm (Kg)    | 669 | 669 | 669 | 669 |
| Árido grueso de escoria 10-20 mm (Kg) | 550 | 550 | 550 | 550 |

|                                  |      |      |      |      |
|----------------------------------|------|------|------|------|
| Superplastificante 1-1,5% C (Kg) | 5,44 | 5,44 | 5,44 | 5,44 |
| Fibras Metálicas (Kg)            | 30   | 45   | -    | -    |
| Fibras Sintéticas (Kg)           | -    | -    | 3,5  | 5    |

En referencia ahora a las propiedades mecánicas del hormigón siderúrgico reforzado con fibras de la invención, se realizaron ensayos para comprobar el grado de compactabilidad del hormigón fresco según la norma UNE EN 12350-4 (ensayo 1), su densidad (UNE 12350-6, ensayo 2), ensayos de porosimetría de intrusión de mercurio MIP (ensayo 3, a) diámetro mínimo del poro, b) diámetro máximo del poro, c) microporosidad), su resistencia a la penetración de agua por adsorción capilar según UNE 83982 (ensayo 4), así como ensayos de resistencia a la compresión (UNE EN 12390-3, ensayo 5), a la flexotracción (UNE 83509, ensayo 6), a la tracción indirecta (UNE 12390-6, ensayo 7), módulo de elasticidad (UNE 83316, ensayo 8), tenacidad a compresión (UNE 83508, ensayo 9), resistencia de primera fisura y tenacidad a flexotracción (UNE 83510, ensayo 10, a) carga de primera fisura, b) resistencia de primera fisura, c) tenacidad a flexotracción) y resistencia a impacto (UNE 83514, ensayo 11, a) número de golpes a primera fisura, b) número de golpes hasta rotura), tanto para el hormigón de la invención reforzado con fibras metálicas como para el reforzado con fibras sintéticas.

Los resultados de estos ensayos se muestran a continuación en las tablas 7 y 8 (los valores citados se corresponden con el valor medio de las muestras ensayadas).

20

Tabla 7:

Propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras sintéticas (ES) según la invención

| Ensayo 1 | Ensayo 2<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Ensayo 3 |           |        | Ensayo 4<br>(min/cm <sup>2</sup> ) |
|----------|----------------------------------|----------|-----------|--------|------------------------------------|
| 1,18     | 2852                             | a) (nm)  | b) (nm)   | c) (%) | 558,40                             |
|          |                                  | 3,60     | 216081,10 | 11,48  |                                    |

25

| Ensayo 5<br>(MPa) |         |         | Ensayo 6<br>(MPa) | Ensayo 7<br>(MPa) | Ensayo 8<br>(Mpa) |
|-------------------|---------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 7 días            | 28 días | 90 días | 28 días           | 28 días           | 34000             |
| 53,31             | 57,70   | 62,52   | 6,37              | 5,42              |                   |

| Ensayo 9 (Nmm) | Ensayo 10 |          |        | Ensayo 11 |    |
|----------------|-----------|----------|--------|-----------|----|
| 1887900        | a) (KN)   | b) (MPa) | c)Nmm) | a)        | b) |
|                | 25,16     | 7,55     | 35000  | 24        | 88 |

Tabla 8:

Propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras metálicas (EM) según la invención

5

| Ensayo 1 | Ensayo 2<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Ensayo 3 |          |        | Ensayo 4<br>(min/cm <sup>2</sup> ) |
|----------|----------------------------------|----------|----------|--------|------------------------------------|
| 1,16     | 2865                             | a) (nm)  | b) (nm)  | c) (%) | 558,40                             |
|          |                                  | 3,60     | 215992,4 | 10,27  |                                    |

| Ensayo 5<br>(MPa) |         |         | Ensayo 6<br>(MPa) | Ensayo 7<br>(MPa) | Ensayo 8<br>(Mpa) |
|-------------------|---------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 7 días            | 28 días | 90 días | 28 días           | 28 días           | 40000             |
| 60,25             | 67,85   | 80,55   | 6,35              | 6,94              |                   |

| Ensayo 9 (Nmm) | Ensayo 10 |          |        | Ensayo 11 |     |
|----------------|-----------|----------|--------|-----------|-----|
| 1949300        | a) (KN)   | b) (MPa) | c)Nmm) | a)        | b)  |
|                | 23,15     | 7,85     | 39230  | 46        | 155 |

Con el fin de comparar las propiedades del hormigón siderúrgico reforzado con fibras de la invención, aplicando el mismo procedimiento indicado anteriormente se obtuvieron dos muestras comparativas, la primera (P) como un patrón de hormigón convencional con áridos silíceo reforzado con fibras metálicas (según dosificación de

10

Turmo y col., ver supra) y la segunda (E) como un patrón de hormigón convencional con árido siderúrgico sin fibras.

5 En la siguiente tabla 9 se muestra la dosificación de los hormigones de la invención (EM1, EM2 y ES1, ES2) y los comparativos (P, E) en las diferentes amasadas, en Kg para un m3 de hormigón:

Tabla 9

| Dosificación                    | P    | E    | EM1  | EM2  | ES1  | ES2  |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Cemento: C (Kg)                 | 363  | 363  | 363  | 363  | 363  | 363  |
| Agua (l)                        | 181  | 181  | 181  | 181  | 181  | 181  |
| Árido silíceo 0-4 (Kg)          | 804  | 498  | 498  | 498  | 498  | 498  |
| Árido silíceo 4-12 (Kg)         | 574  | -    | -    | -    | -    | -    |
| Árido silíceo 12-20 (Kg)        | 464  | -    | -    | -    | -    | -    |
| Árido de escoria 0-4 (Kg)       | -    | 514  | 514  | 514  | 514  | 514  |
| Árido de escoria 4-10 (Kg)      | -    | 669  | 669  | 669  | 669  | 669  |
| Árido de escoria 10-20 (Kg)     | -    | 550  | 550  | 550  | 550  | 550  |
| Superplastificante 1-1,5%C (Kg) | 3,63 | 5,44 | 5,44 | 5,44 | 5,44 | 5,44 |
| Fibras Metálicas (Kg)           | 30   | -    | 30   | 45   | -    | -    |
| Fibras Sintéticas (Kg)          | -    | -    | -    | -    | 3,5  | 5    |

10 Igualmente se llevaron a cabo los ensayos 1 a 11 para los patrones P y E (P patrón de hormigón convencional con árido silíceo reforzado con fibras metálicas y E patrón de hormigón convencional con árido siderúrgico sin fibras). Los resultados de estos ensayos comparativos se muestran a continuación:

15

Tabla 10:  
Hormigón comparativo P

| Ensayo 1 | Ensayo 2<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Ensayo 3 |         |        | Ensayo 4<br>(min/cm <sup>2</sup> ) |
|----------|----------------------------------|----------|---------|--------|------------------------------------|
| 1,20     | 2420                             | a) (nm)  | b) (nm) | c) (%) | 560                                |
|          |                                  | 7,30     | 215152  | 8,20   |                                    |

ES 2 673 396 A1

| Ensayo 5<br>(MPa) |         |         | Ensayo 6<br>(MPa) | Ensayo 7<br>(MPa) | Ensayo 8<br>(Mpa) |
|-------------------|---------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 7 días            | 28 días | 90 días | 28 días           | 28 días           | 32000             |
| 39,59             | 46,30   | 55,99   | 5,15              | 4,33              |                   |

| Ensayo 9 (Nmm) | Ensayo 10 |          |        | Ensayo 11 |    |
|----------------|-----------|----------|--------|-----------|----|
| 1625840        | a) (KN)   | b) (MPa) | c)Nmm) | a)        | b) |
|                | 21,60     | 6,95     | 31800  | 19        | 50 |

Tabla 11:  
Hormigón comparativo E

| Ensayo 1 | Ensayo 2<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | Ensayo 3 |         |        | Ensayo 4<br>(min/cm <sup>2</sup> ) |
|----------|----------------------------------|----------|---------|--------|------------------------------------|
| 1,25     | 2860                             | a) (nm)  | b) (nm) | c) (%) | 558,40                             |
|          |                                  | 3,60     | 216134  | 12,33  |                                    |

5

| Ensayo 5<br>(MPa) |         |         | Ensayo 6<br>(MPa) | Ensayo 7<br>(MPa) | Ensayo 8<br>(Mpa) |
|-------------------|---------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 7 días            | 28 días | 90 días | 28 días           | 28 días           | 36000             |
| 46,14             | 58,80   | 72,11   | 6,30              | 4,20              |                   |

| Ensayo 9 (Nmm) | Ensayo 10 |          |        | Ensayo 11 |    |
|----------------|-----------|----------|--------|-----------|----|
| -              | a) (KN)   | b) (MPa) | c)Nmm) | a)        | b) |
|                | 23,98     | 7,19     | 8740   | 11        | 13 |

Tal como se deriva de los resultados mostrados anteriormente referentes al hormigón siderúrgico reforzado con fibras de la invención (EM1, EM2, ES1, ES2) y los hormigones comparativos (P, E), el hormigón siderúrgico de la invención tiene una resistencia a la compresión a 28 días máxima en promedio de 67,85 MPa con fibras metálicas y de 57,70 MPa con fibras sintéticas, mientras que, para el patrón con fibras

10

comparativo (P), este valor es de 46,30 MPa. lo que supone una mejora del 46,54%.

Igualmente, en referencia ahora a la resistencia a la flexotracción a 28 días máxima promedio de 6,35 MPa con fibras metálicas y de 6,37 MPa con fibras sintéticas  
5 mientras que, para el patrón con fibras comparativo (P), este valor es de 5,15 MPa, lo que supone una mejora del 23,30%

El hormigón según la invención también mejora el valor correspondiente a la resistencia a la tracción indirecta a 28 días máxima promedio, de 6,94 MPa con fibras  
10 metálicas y 5,42 MPa con fibras sintéticas, mientras que, para el patrón con fibras comparativo (P), este valor es 4,33 para P, lo que supone una mejora del 60,27%.

Lo mismo es aplicable para la tenacidad a compresión, de 1949300 Nmm con fibras metálicas y 1887900 Nmm con fibras sintéticas, frente a 1625840 Nmm del patrón P,  
15 lo que supone una mejora del 19,89%

La resistencia a la aparición de la primera fisura del hormigón de la invención es, en promedio, de 7,85 MPa con fibras metálicas y de 7,55 MPa con fibras sintéticas, valores superiores a los correspondientes para los hormigones comparativos (P- 6,95  
20 y E- 7,19).

La tenacidad a flexotracción del hormigón de la invención es, en promedio, 39,23 Nm con fibras metálicas y 35,00 Nm con fibras sintéticas, valores superiores a los correspondientes para el hormigón comparativo con fibras (P- 31,8).  
25

La resistencia al impacto a primera fisura del hormigón de la invención es, en promedio, de 46 golpes con fibras metálicas y de 24 golpes con fibras sintéticas, valores muy superiores a los correspondientes al hormigón comparativo (P – 19, E- 11). En el caso de la resistencia al impacto a rotura, ésta es de 155 golpes con fibras  
30 metálicas y de 88 golpes con fibras sintéticas, valores muy superiores a los encontrados con los hormigones comparativos (P- 50, E- 13).

En definitiva, los hormigones de EHEA reforzados con fibras aquí descritos proporcionan ventajas notables respecto de los hormigones convencionales reforzados  
35 con fibras; del mismo modo, estos hormigones con EHAE reforzados con fibras alcanzan valores adecuados en propiedades que adecuan su uso como hormigón

estructural para su uso en pavimentos y soleras que los hormigones con EHEA sin reforzar no cumplen.

**REIVINDICACIONES**

1.- Hormigón siderúrgico reforzado con fibras metálicas o sintéticas, que comprende una mezcla de cemento, áridos siderúrgicos, arenas silíceas, agua, aditivos  
5 superplastificantes y fibras metálicas o sintéticas, donde los áridos siderúrgicos tienen una distribución de tamaño de partícula de árido grueso (granulometría 10-20 mm) y árido medio (granulometría 4-10) y arena (0-4 mm) y están presentes en una proporción árido grueso/medio : arena : cemento de 3 : 3 : 1, donde la proporción de superplastificante con respecto al cemento es del 1 al 1,5% en peso, la proporción de  
10 fibras metálicas o sintéticas oscila entre el 0,30 y el 0,60% en volumen respecto al hormigón, la relación agua:cemento es del 0,5 en peso y el árido siderúrgico fino incluye un 50% en peso de arenas silíceas de granulometría 0-4 mm.

2.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 1, caracterizado porque el  
15 cemento es un cemento Portland CEM I 42,5 R X. de densidad 3,15 g/cm<sup>3</sup> y superficie específica de Blaine de 3.400 cm<sup>2</sup>/g.

3.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 1, caracterizado porque el superplastificante es un superplastificante modificado en base acuosa con una  
20 densidad aproximada de 1,08 g/cm<sup>3</sup>, pH aproximado de 5 y un contenido en sólidos del 36%.

4.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 1, caracterizado porque las  
25 fibras son fibras metálicas.

5.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 4, caracterizado porque las  
fibras metálicas son fibras de acero sueltas, con especial preferencia fibras de acero sueltas con extremos conformados.

30 6.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 1, caracterizado porque las fibras son fibras sintéticas.

7.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 6, caracterizado porque las  
35 fibras sintéticas son fibras de poliolefinas de monofilamento.

8.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 4, caracterizado porque

tiene una resistencia a la compresión a 28 días máxima en promedio de 67,85 MPa según se mide aplicando la norma UNE EN 12390-3.

5 9.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 4, caracterizado porque tiene una resistencia a la flexotracción a 28 días máxima promedio de 6,35 MPa, según se mide aplicando la norma UNE 83509.

10 10.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 4, caracterizado porque tiene una resistencia a la tracción indirecta a 28 días máxima promedio de 6,94 MPa, según se mide aplicando la norma UNE 12390-6.

15 11.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 4, caracterizado porque tiene una tenacidad a compresión de 1949300 Nmm, según se mide aplicando la norma UNE 83508.

12.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 4, caracterizado porque presenta una resistencia media a la aparición de la primera fisura de 7,85 MPa, según se mide aplicando la norma UNE 83510.

20 13.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 4, caracterizado porque presenta una tenacidad a flexotracción media de 39,23 Nm, según se mide aplicando la norma UNE 83510.

25 14.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 4, caracterizado porque la resistencia al impacto a primera fisura media es de 46 golpes, según se mide aplicando la norma UNE 83514.

30 15.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 4, caracterizado porque tiene una resistencia al impacto a rotura media de 155 golpes, según se mide aplicando la norma UNE 83514.

35 16.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 6, caracterizado porque tiene una resistencia a la compresión a 28 días máxima en promedio de 57,70 MPa, según se mide aplicando la norma UNE EN 12390-3.

17.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 6, caracterizado porque

tiene una resistencia a la flexotracción a 28 días máxima promedio de 6,37 MPa, según se mide aplicando la norma UNE 83509.

5 18.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 6, caracterizado porque tiene una resistencia a la tracción indirecta a 28 días máxima promedio de 5,42 MPa, según se mide aplicando la norma UNE 12390-6.

10 19.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 6, caracterizado porque tiene una tenacidad a compresión media de 1887900 Nmm, según se mide aplicando la norma UNE 83508.

15 20.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 6, caracterizado porque presenta una resistencia media a la aparición de la primera fisura de 7,55 MPa, según se mide aplicando la norma UNE 83510.

21.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 6, caracterizado porque presenta una tenacidad a flexotracción media de 35,00 Nm, según se mide aplicando la norma UNE 83510.

20 22.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 6, caracterizado porque la resistencia media al impacto a primera fisura es de 24 golpes, según se mide aplicando la norma UNE 83514.

25 23.- Hormigón siderúrgico reforzado según la reivindicación 6, caracterizado porque tiene una resistencia media al impacto a rotura de 88 golpes, según se mide aplicando la norma UNE 83514.

30 24.- Utilización del hormigón siderúrgico reforzado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en soleras o pavimentos reforzados con fibras en sustitución del mallazo de reparto.



②① N.º solicitud: 201631632

②② Fecha de presentación de la solicitud: 21.12.2016

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑤⑥ Documentos citados   | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|---|----------------------------|
| A         | US 2010237158 A1 (HOU PI-SUNG et al.) 23/09/2010, reivindicación 1, reivindicación 3,                 | 1-24                       |
| A         | US 2008017077 A1 (ABBATE WILLIAM V) 24/01/2008, páginas 5 - 6 (Tabla 1)                               | 1-24                       |
| A         | US 2016039716 A1 (TAGNIT-HAMOU AREZKI et al.) 11/02/2016, página 6 (Tabla 1)                          | 1-24                       |
| A         | BASE DE DATOS WPI EN EPOQUE, AN 2014-W70380, CN104072041 (UNIV CHANGAN), 01.10.2014, resumen          | 1-24                       |
| A         | BASE DE DATOS WPI EN EPOQUE, AN 2016-45177L, CN105753400 (UNIV NORTH CHINA TECH), 13.07.2016, resumen | 1-24                       |
| A         | BASE DE DATOS WPI EN EPOQUE, 2016-75409D, CN106116286 (HUANGHE S & T COLLEGE), 16.11.2016, resumen    | 1-24                       |

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
23.01.2017

Examinador  
J. García Cernuda Gallardo

Página  
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**C04B18/14** (2006.01)

**C04B14/48** (2006.01)

**C04B16/06** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C04B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 23.01.2017

**Declaración**

|   |                       |           |
|---|-----------------------|-----------|
| <b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>            | Reivindicaciones 1-24 | <b>SI</b> |
|   | Reivindicaciones      | <b>NO</b> |
| <b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b> | Reivindicaciones 1-24 | <b>SI</b> |
|   | Reivindicaciones      | <b>NO</b> |

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

| Documento | Número Publicación o Identificación           | Fecha Publicación |
|-----------|---|-------------------|
| D01       | US 2010237158 A1 (HOU PI-SUNG et al.)         | 23.09.2010        |
| D02       | US 2008017077 A1 (ABBATE WILLIAM V)           | 24.01.2008        |
| D03       | US 2016039716 A1 (TAGNIT-HAMOU AREZKI et al.) | 11.02.2016        |
| D04       | CN 104072041 A (UNIV CHANGAN)                 | 01.10.2014        |
| D05       | CN 105753400 A (NORTH CHINA UNIV OF TECH)     | 13.07.2016        |
| D06       | CN 106116286 A (HUANGHE S & T COLLEGE)        | 16.11.2016        |

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El documento D01 define un material de hormigón que comprende áridos gruesos, áridos finos, un material de puzolana, un material de cemento, agua, un superplastificante de ácido carboxílico y fibras de acero (reiv. 1). El árido grueso tiene un diámetro máximo de partículas de 12,5 mm (reiv. 3). Tiene contenido que material puzolánico, no incluido en el hormigón de la solicitud, y no se menciona que los áridos sean siderúrgicos.

El documento D02 en la Tabla 2 expone los componentes de un hormigón elaborado con un árido de escorias siderúrgicas. Incluye cemento, puzolana, escoria siderúrgica y superplastificante. No se menciona la inclusión de fibras metálicas o sintéticas.

El documento D03 en la Tabla 1 expone los componentes de un hormigón que incluye cemento, arena, superplastificante y fibras de acero. No se mencionan áridos siderúrgicos ni fibras sintéticas.

El documento D04 se refiere a un hormigón cuyo contenido incluye cemento, arena, residuos, superplastificante, fibras de acero y fibras de polipropileno. No menciona fibras siderúrgicas ni áridos gruesos y medios.

El documento D05 se refiere a un hormigón auto-compactante con cemento Portland, áridos gruesos y áridos finos, superplastificante y fibras de polipropileno. No menciona áridos siderúrgicos ni fibras metálicas.

El documento D06 se refiere a un hormigón reforzado con fibras de acero que incluye cemento, agua, árido fino, árido grueso, sílice y superplastificante de poli(ácido carboxílico), sin mencionar áridos siderúrgicos ni fibras sintéticas.

Se considera que la solicitud cumple con los requisitos de novedad y actividad inventiva en sus reivindicaciones 1-24, según los art. 6.1 y 8.1 de la L.P.