

Anexo 1



11 Número de publicación: **2 933 873**

21 Número de solicitud: 202230251

51 Int. Cl.:

C04B 28/02 (2006.01)

C04B 18/04 (2006.01)

C04B 18/22 (2006.01)

C04B 28/14 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

22.03.2022

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.02.2023

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

02.03.2023

Fecha de concesión:

24.10.2023

45 Fecha de publicación de la concesión:

31.10.2023

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)**

**C/ Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**FERRÁNDEZ VEGA, Daniel;
ZARAGOZA BENZAL, Alicia y
MORÓN FERNÁNDEZ, Carlos**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

54 Título: **Material de construcción aislante aligerado, panel o placa prefabricado, proceso de elaboración de dicho material de construcción y de dicho panel o placa prefabricado**

57 Resumen:

La invención consiste en un material de construcción aligerado, de baja densidad, poroso y de baja conductividad térmica de aplicación en el sector construcción.

El material de construcción aislante aligerado comprende:

- una mezcla de agua y material conglomerante, donde la relación en peso agua/material conglomerante es superior a 0.6 e inferior a 0.9,
- una mezcla aislante que comprende:
 - poliestireno expandido (EPS) disuelto en acetona o disolvente universal, y
 - partículas de residuos de aislamientos térmicos o caucho,

donde el material de construcción comprende:

- de un 40% a un 90% en peso de la mezcla de agua y material conglomerante, y
- de un 60% a un 10% en peso de mezcla aislante en peso.

La invención también se refiere a un panel o placa prefabricado fabricado con el material anterior, al proceso de elaboración de dicho material y al proceso de elaboración del panel o placa prefabricado.

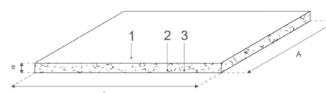


Figura 1

ES 2 933 873 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 933 873 B2

DESCRIPCIÓN

Material de construcción aislante aligerado, panel o placa prefabricado, proceso de elaboración de dicho material de construcción y de dicho panel o placa prefabricado

Sector técnico

- 5 El sector de la técnica en el que se encuadra la invención es el de la construcción. En especial, se trata de un material de construcción con base en un material conglomerante, por ejemplo, escayola, que posee un amplio campo de aplicación como producto para revestimientos en la edificación, como material para la elaboración de placas de falso techo y como material para la ejecución de paneles y prefabricados de construcción.

10 Antecedentes de la invención

- El yeso es un material tradicional que ha sido empleado en la construcción desde la antigüedad. La escayola consiste en un tipo especial de yeso que posee una mayor pureza, una mayor finura de molido y unas mejores prestaciones técnicas. Entre sus propiedades más relevantes destacan su buena respuesta al fuego al ser un material ignífugo, su buen comportamiento térmico, la facilidad que presenta su proceso de fabricación, moldeo y buena trabajabilidad, así como, la posibilidad de elaborar prefabricados de diferentes formas y fácilmente mecanizables con un buen comportamiento higrotérmico. Estas buenas propiedades físicas y mecánicas, unidas a su relativa abundancia y bajo coste, han convertido al yeso y la escayola en materiales muy versátiles y ampliamente utilizados en el sector de la construcción en España.

- 20 No obstante, en la actualidad, el sector de la construcción está evolucionando hacia el desarrollo de nuevos materiales de escayola aligerada, que permitan la elaboración de prefabricados fáciles de transportar y con una mayor capacidad de aislamiento térmico. Esto permite no solo un mayor ahorro económico en términos de ejecución de la obra y a lo largo del ciclo de vida de los productos, sino que también favorece la incorporación de criterios de sostenibilidad y eficiencia energética en el diseño de las nuevas edificaciones, potenciando un uso eficiente de los recursos y disminuyendo el impacto medioambiental ocasionado por nuevas construcciones.

- 30 La utilización de materias primas inertes de baja densidad para la fabricación de yesos y escayolas aligeradas es bien conocido y trabajado históricamente, empleándose agregados naturales procedentes de rocas volcánicas como pueden ser la perlita expandida o la vermiculita, aunque el uso de aislamiento térmicos triturados y otros compuestos de baja densidad también está comúnmente extendido.

ES 2 933 873 B2

Por otro lado, el sector de la construcción se posiciona como la actividad económica que genera un mayor volumen de desperdicios de entre todas las actividades industriales de la Unión Europea, constituyendo estos más del 35% del total de los residuos generados. Y aunque se trata en su mayoría de residuos no peligrosos, estos ocasionan un fuerte impacto medioambiental y ocupan un gran volumen de espacio en vertederos y zonas de acopio, estando aún el proceso de reciclaje de estos materiales en una etapa de evolución. Por este motivo, el desarrollo de nuevos materiales que tengan la posibilidad de incorporar este tipo de residuos en el proceso de fabricación de yesos y escayolas para mejorar sus propiedades se convierte en una estrategia que permite avanzar hacia los requisitos de economía circular marcados por el Pacto Verde europeo.

Al problema anterior, se une el elevado número de neumáticos fuera de uso existentes en nuestro continente. En la actualidad se producen en Europa cerca de 355 millones de neumáticos al año, los cuales, una vez terminada su vida útil, son llevados a vertederos o en el peor de los casos lanzados al mar. Esto genera un fuerte impacto medioambiental debido a la dificultad de estos materiales para degradarse y la generación de microplásticos en el entorno marino. Por esta razón, la posibilidad de triturar estos neumáticos y emplearlos en el proceso de fabricación de nuevos materiales de construcción también se encuentra en línea con los Objetivos para el Desarrollo Sostenible propuestos por la Organización de las Naciones Unidas.

A continuación, se exponen algunos ejemplos de materiales y sistemas constructivos patentados que emplean residuos de aislamientos térmicos o caucho de neumáticos de diferentes granulometrías en el proceso de fabricación de materiales para la construcción. Todos estos materiales presentados pueden ser empleados en la elaboración de placas y paneles prefabricados.

La patente CN105693180A titulada "Gypsum based EPS composite thermal insulation wall material" desarrolla un nuevo material de aislamiento térmico compuesto de poliestireno expandido (EPS) con base de yeso para su aplicación en paredes. Dicho material se compone de las siguientes materias primas en peso: 0,1-1,1 partes de partículas de poliestireno expandido (EPS), 50-80 partes de yeso, 30-50 partes de escoria, 2-5 partes de fibra de tallo de algodón, 10-30 partes de cemento Portland y 0,1-0,5 partes de retardante de yeso en una proporción líquido-sólido de 0,7. Si bien es cierto que se incorpora poliestireno expandido (EPS) en su composición, en ningún caso se menciona la posibilidad de disolver dicho aislamiento generando una pasta susceptible de ser mezclada con la escayola, luego no es comparable con el material de construcción objeto de esta invención.

ES 2 933 873 B2

La patente de invención española ES2292309B2 titulada "Material de construcción de yeso o escayola y su uso en placas y paneles", consiste en un material de escayola aligerada con buenas prestaciones térmicas para la elaboración de prefabricados. Dicho material tiene en su constitución una matriz de escayola amasada con agua, a la que se han añadido adiciones
5 binarias de poliestireno expandido (EPS) y fibras de polipropileno. Este material consigue reducir la densidad de las escayolas tradicionales, mejorar su comportamiento térmico y posee buenas prestaciones mecánicas. Sin embargo, su proceso de fabricación dista mucho del material objeto de esta invención donde el poliestireno expandido (EPS) es disuelto en acetona o disolvente universal e incorpora granzas de neumáticos fuera de uso antes de ser
10 mezclado con el material de escayola en su proceso de fabricación.

La invención ES2515649B2 cuyo título es "Procedimiento para la obtención de un material de construcción a base de yeso", describe un nuevo material que se obtiene mezclando yeso con residuos de poliestireno extruido y agua, siendo incorporado previamente el residuo de poliestireno extruido de forma triturada y tamizada al agua y a continuación el yeso. A pesar
15 de que esta invención si resalta la importancia de incorporar residuos de construcción y demolición, tales como los aislantes térmicos, en el proceso de fabricación de los nuevos prefabricados para la edificación, en ningún caso se describe un proceso de elaboración del material similar al objeto de esta invención que incluya la disolución del aislamiento y la incorporación de neumáticos fuera de uso.

La invención KR100809450B1 titulada "Shock noise absorbing material using modified rubber from wasted tire, liquid state rubber and elastic eps, and manufacturing method thereof" proporciona un material de amortiguación de capa intermedia de EPS (poliestireno expandido) elástico que utiliza una solución mixta de caucho modificado a partir de neumáticos de desecho y caucho líquido. Aunque esta invención si emplea una mezcla de poliestireno
25 expandido (EPS) y neumáticos fuera de uso, se trata de un material empleado en un sistema constructivo totalmente diferente al concebido en esta invención, en ningún momento se menciona la posibilidad de combinar esta mezcla con yesos o escayolas y el proceso de disolución del poliestireno expandido (EPS) es diferente del propuesto en este documento. En definitiva, se trata de dos materiales diferentes que no pueden ser comparables.

Por su parte, la solicitud de invención ES227776A1 titulada "Plaster mixtures for producing construction elements, contain expanded spherical", describe la posibilidad de mezclar el material de yeso o escayola con gránulos de plástico esférico expandido con un diámetro de aproximado 6 mm. Se trata de una invención que describe los efectos beneficiosos de cara a aligerar peso y obtener unas buenas prestaciones térmicas en la elaboración de placas y
35 paneles prefabricados que reporta el empleo de materiales plásticos expandidos en el proceso

ES 2 933 873 B2

de fabricación de los materiales con base de yeso. Sin embargo, ni la composición, ni el resultado final obtenido, son comparables con el material descrito en la presente memoria.

La invención EP0563532A1 que lleva por título "Process for the compacting of expanded polystyrene" describe un procedimiento para la compactación de poliestireno expandido, donde el poliestireno expandido (EPS) se pone en contacto con acetona o una mezcla de líquidos hasta conseguir una mezcla homogénea más o menos viscosa. En el caso concreto de esta invención si se hace mención expresa al proceso de disolución del poliestireno para obtener una pasta viscosa, pero, a diferencia de la presente invención, no se menciona la posibilidad de combinar esta mezcla de poliestireno expandido (EPS) con una granza de neumáticos fuera de uso triturados y juntar esta pasta con el material de escayola durante su proceso de fabricación. Por lo tanto, se trata de dos invenciones que no son comparables y poseen ámbitos de aplicación diferentes.

Por último, se puede señalar que la patente ES2276982T3 titulada "reciclaje de residuos de espumas de polímeros expandidas en productos que pueden de nuevo ser expandidas", describe un procedimiento donde el poliestireno puede ser mezclado con disolvente para obtener una pasta que posteriormente pueda ser empleada para la fabricación de nuevos aislantes expandidos. Se trata de una invención vinculada al campo de los aislamientos térmicos, que, si bien describe un proceso de disolución del poliestireno expandido (EPS), en ningún caso refleja la posibilidad de combinar dicha disolución con los materiales de escayola y la posibilidad de incorporar partículas de neumáticos fuera de uso.

En consecuencia, no se conoce ningún material en la actualidad que cumpla las características técnicas de la presente invención, que lleve asociados los efectos técnicos que se consiguen gracias a la misma o que describa un proceso de fabricación que pueda ser asemejable.

25 **Descripción de la invención**

Las placas y paneles prefabricados de escayola vienen siendo utilizados en la construcción desde hace varias décadas, teniendo un gran campo de aplicación en la edificación para la ejecución de revestimientos, falsos techos y tabiquerías interiores entre otros. Estas placas o paneles deben tener una cierta estabilidad mecánica que les permita soportar esfuerzos de flexión y pandeo, así como poseer ciertas propiedades de aislamiento térmico y acústico que consiga mejorar el confort en el interior de las estancias donde son ejecutadas. Hoy en día, se sigue investigando en esta línea con la intención de mejorar estas propiedades físicas y mecánicas mediante el diseño de nuevos materiales de escayola más competitivos en el mercado.

ES 2 933 873 B2

A efectos de esta patente, se entiende por placa o panel prefabricado cualquier elemento constructivo, o parte de este, fabricado previamente en un lugar diferente a su emplazamiento final. De manera preferente, dicho elemento constructivo puede consistir en módulos prefabricados, paneles para divisiones interiores, cielorrasos y falsos techos, todos ellos de
5 cualquier superficie y espesor.

Es un primer objeto de la invención un material de construcción aislante aligerado de elevadas prestaciones térmicas, caracterizado por que comprende:

- una mezcla de agua y material conglomerante, donde la relación en peso agua/material conglomerante es superior a 0.6 e inferior a 0.9,
- 10 - una mezcla aislante que comprende:
 - o poliestireno expandido (EPS) disuelto en acetona o disolvente universal, y
 - o partículas de residuos de aislamientos térmicos o caucho,

y donde dicho material de construcción comprende adicionalmente los siguientes componentes:

- 15 • 40 a 90% de escayola en peso amasada con agua;
- 60 a 10% de mezcla aislante en peso con incorporación de partículas de neumáticos fuera de uso.

Se entiende por residuo un material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.

20 Se entiende por material conglomerante aquel que es capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto. Dicho material conglomerante es seleccionado preferentemente entre yeso y escayola.

Es también objeto de la invención el proceso de elaboración de dicho material de construcción aislante aligerado.

25 Es también objeto de la presente invención un proceso de elaboración de un material de construcción aislante aligerado que comprende los siguientes pasos:

- disolver poliestireno expandido (EPS) en acetona o disolvente universal removiendo la mezcla hasta formar una pasta homogénea,
- añadir progresivamente sobre la mezcla anterior partículas de residuos de
30 aislamientos térmicos o caucho y remover hasta obtener una mezcla aislante homogénea,
- realizar una mezcla de agua y material conglomerante, donde la relación en peso agua/material conglomerante sea superior a 0.6 e inferior a 0.9,

ES 2 933 873 B2

- añadir en estado líquido la mezcla aislante a la mezcla de agua y material conglomerante y remover hasta obtener una mezcla homogénea,

de modo que el material de construcción comprende:

- de un 40% a un 90% de la mezcla de agua y material conglomerante, y
- 5 • de un 60% a un 10% de mezcla aislante.

Además, en un ejemplo de realización dicha mezcla aislante posee el siguiente proceso de elaboración preferente para obtener una buena consistencia:

- Disolver el poliestireno expandido (EPS) preferiblemente procedente de residuos de construcción y demolición en acetona o disolvente universal, la relación de disolución es preferentemente de un gramo de poliestireno expandido (EPS) sólido por cada dos gramos de acetona o disolvente universal. No obstante, si se desea obtener una consistencia más plástica y menos fluida, se puede aumentar la proporción de poliestireno expandido (EPS) vertido en el disolvente;
- 10 • A continuación, sobre la mezcla viscosa homogeneizada de poliestireno expandido (EPS) disuelto en acetona o disolvente universal, se añaden las partículas de residuos, por ejemplo, granza triturada de neumáticos fuera de uso, aunque también pueden emplearse otros derivados similares del caucho. Dicha granza tendrá un tamaño preferente comprendido entre 0.5 mm y 2 mm. La cantidad añadida de este material debe estar comprendida preferiblemente entre el 1% y 5% de la cantidad total de la mezcla viscosa homogeneizada de poliestireno expandido (EPS) disuelto en acetona o disolvente universal.
- 15
- 20

Según la norma UNE-EN 13279-1:2009, se entiende por yesos aligerados aquellos compuestos formados por una mezcla de sulfato de calcio en sus distintas fases de deshidratación (anhidrita, hemihidrato o dihidrato), con un contenido determinado en hidróxido de calcio, que lleva incorporado agregados ligeros inorgánicos u orgánicos, a los que debe añadirse agua de amasado para su puesta en obra. Por lo tanto, el material de escayola objeto de la presente invención, al que se le incorpora la mezcla de poliestireno expandido (EPS) disuelto en acetona o disolvente universal con, por ejemplo, partículas de neumáticos fuera de uso, podría incluirse dentro de la definición recogida en la mencionada norma.

- 30 Como material conglomerante puede emplearse cualquier tipo de escayola o yeso comercial, siendo preferible el empleo de escayolas tipo E-35 o E-35-L debido a sus buenas prestaciones técnicas. La escayola E-35 es un material comúnmente empleado en la edificación, constituido principalmente por sulfato de calcio semihidratado ($\text{SO}_4\text{Ca}1/2\text{H}_2\text{O}$), y que puede incorporar aditivos reguladores de fraguado en su composición. Se trata de un material pulverulento de

ES 2 933 873 B2

elevada pureza y finura de molido, con una resistencia mínima de 3.5 N/mm² a flexotracción y una conductividad térmica aproximada de 0.34 W/mK. Por su parte, la escayola E-35-L tiene como particularidad adicional que se trata de un producto de fraguado lento.

5 El poliestireno expandido (EPS) es un material comúnmente empleado en la construcción a modo de aislamiento térmico y acústico. Se trata de un material obtenido a partir de derivados del petróleo que tiene unos valores de conductividad térmica que oscilan entre 0.029 y 0.053 W/mK, en dependencia de la naturaleza y del método de elaboración. Se trata de un material de baja densidad que oscila entre 10 kg/m³ hasta 50 kg/m³, lo cual es debido al aire o gas ocluido dentro de su estructura celular, siendo aproximadamente el 98% aire y el resto es
10 material plástico. Se trata de un material resistente a las soluciones salinas y a los ataques biológicos.

En cuanto a los compuestos para disolver el poliestireno, la acetona de fórmula CH₃(CO)CH₃, se halla naturalmente en el medio ambiente. Se trata de un material que se encuentra en estado líquido incoloro a temperatura ambiente, presentando un olor característico. Por su
15 parte, el otro compuesto que puede emplearse para elaborar la mezcla de poliestireno expandido (EPS) es el disolvente universal, que comúnmente es empleado como base para pinturas. Ambos líquidos mencionados se evaporan fácilmente, son inflamables y son solubles en agua.

Por último, se emplean para la elaboración de este material de construcción partículas, por ejemplo, procedentes de neumáticos fuera de uso. La intención principal al elegir este tipo de materia prima para triturarla a un tamaño comprendido entre 0.5 mm y 2 mm preferiblemente, es dotar a estos elementos de una segunda vida útil y evitar el impacto medioambiental que genera su lenta degradación natural. Los neumáticos en general están compuestos por una mezcla de caucho natural y cauchos sintéticos, por lo que otros tipos de cauchos elastómeros
20 podrían ser empleados como aditivos en la fabricación del nuevo material de escayola recogido en esta memoria de invención.

En una realización particular de la invención, el material de construcción objeto de la invención puede comprender adicionalmente fibras artificiales, tales como vidrio, basalto o polipropileno, o fibras naturales, tales como cáñamo, madera o coco, en un porcentaje en peso
30 preferentemente comprendido entre un 2% y un 5% en referencia al peso total de material conglomerante.

Por tanto, el objeto de la presente invención, a diferencia de los materiales y sus métodos de obtención descritos en el estado de la técnica, es presentar un nuevo material de construcción especialmente concebido para la elaboración de prefabricados con menor densidad, con baja
35 conductividad térmica y buenas propiedades mecánicas. Dicho material se consigue mediante

ES 2 933 873 B2

la adición de una mezcla de poliestireno expandido (EPS) disuelto en acetona o disolvente universal con incorporación de partículas, por ejemplo, de neumáticos fuera de uso con diámetro comprendido entre 0,5 mm y 2 mm. Esta mezcla se incorpora en el proceso de fabricación de los materiales de yeso o escayola cuando estos se encuentran aún en estado líquido al haberse combinado el polvo de yeso o escayola con agua y la pasta resultante se ha homogeneizado, de tal manera que posteriormente se produzca un fraguado continuo y endurecimiento conjunto de la mezcla final resultante.

De esta forma, se consigue obtener un material de construcción con excelentes prestaciones para la elaboración de placas y paneles prefabricados, manteniendo unas buenas prestaciones técnicas e incorporando criterios de sostenibilidad y economía circular en la ejecución de los nuevos materiales de construcción más respetuosos con el medioambiente.

En un ejemplo de realización el proceso para la obtención del material de escayola aligerado de elevadas prestaciones térmicas comprende:

(a) Una primera fase que consiste en disolver el poliestireno expandido (EPS) preferiblemente en acetona o disolvente universal e incorporar partículas de neumático fuera de uso mediante el siguiente procedimiento:

(a.1) Adicionar el poliestireno expandido (EPS) al recipiente que contenga la acetona o disolvente universal, removiendo la mezcla durante este procedimiento y durante el tiempo necesario hasta que se consiga una pasta viscosa y homogénea. A modo orientativo, pero no limitativo, se propone la proporción de una parte de poliestireno expandido (EPS) por cada dos partes de líquido disolvente;

(a.2) posteriormente, adicionar de forma progresiva las partículas procedentes de neumáticos fuera de uso y remover la mezcla hasta que estas partículas queden distribuidas en la pasta generada por el EPS y el líquido disolvente. En caso de emplear otro producto derivado del caucho se procedería de la misma manera, y siempre con tamaños orientativos, pero no limitativos, de partículas con diámetro comprendido entre 0.5 mm y 2 mm;

(a.3) mantener la mezcla obtenida en estado líquido y continuar removiéndola mientras se inicia el proceso de elaboración de la pasta de escayola;

(b) Una segunda fase que consiste en elaborar el material de escayola aligerado de elevadas prestaciones térmicas, mediante el siguiente procedimiento:

ES 2 933 873 B2

- (b.1) Añadir el material conglomerante de yeso o escayola espolvoreándola en un recipiente con agua, con un ratio en peso agua/material conglomerante no inferior a 0.6 y no superior a 0.9, durante un tiempo comprendido entre 15 y 30 segundos;
- 5 (b.2) remover la mezcla de material conglomerante con agua durante un tiempo comprendido entre 15 y 30 segundos, preferentemente describiendo movimientos en forma de ocho;
- (b.3) dejar reposar la mezcla obtenida en (b.2) durante un tiempo comprendido entre 30 segundos y un minuto;
- 10 (b.4) adicionar la pasta viscosa de poliestireno expandido (EPS) disuelto con incorporación de partículas de neumático fuera de uso obtenida en (a.3) a la mezcla obtenida en (b.3);
- (b.5) remover el material de escayola obtenido en (b.4) durante un tiempo comprendido entre 15 y 30 segundos, preferentemente describiendo movimientos en forma de ocho, dando lugar a una pasta homogénea en estado líquido que se
- 15 corresponde con el material de construcción reivindicado en estado fresco.

Es también objeto de la presente invención un panel o placa prefabricado fabricado con el material objeto de esta invención.

Adicionalmente, se entiende como objeto de la invención un proceso para la obtención de placas y paneles prefabricados a partir del material de construcción en estado fresco obtenido

20 mediante el método anteriormente descrito.

Para ello, se introduce el material elaborado según el proceso anteriormente descrito en estado fresco en un molde, posteriormente se deja reposar el material hasta su fraguado y finalmente se desmoldea.

En particular, dicho proceso puede comprender:

- 25
- introducir el material de construcción en estado fresco obtenido mediante el método reivindicado, de manera gradual y progresiva, en al menos un molde de encofrado, alisando tras el vertido la superficie externa del material introducido en el molde. De manera preferente, previamente al vertido del material en el molde, se untarán las paredes del mismo con aceite o grasa con objeto de facilitar el proceso posterior de
- 30
- dejar reposar el material de construcción introducido en el molde durante el tiempo requerido para el fraguado del material, generalmente durante un tiempo comprendido entre 20 y 60 minutos;

ES 2 933 873 B2

- desencofrar el material de construcción tras el proceso de fraguado o endurecimiento, dando lugar al prefabricado objeto del proceso. Durante dicho proceso de fraguado, la reacción exotérmica que genera el endurecimiento del yeso o escayola en contacto con el agua favorecerá el endurecimiento de la mezcla de disolución de poliestireno expandido (EPS) con partículas de neumático fuera de uso, debido a que se producirá un rápida evaporación de la acetona o disolvente universal una estructura porosa solidificada.

De manera opcional, el método reivindicado puede comprender una etapa adicional, previa a la etapa (b.1), de adición de fibras artificiales o naturales al recipiente con agua al cual se añade a continuación el material conglomerante de yeso o escayola.

Opcionalmente, este proceso también podrá comprender una etapa posterior de secado en estufa, transcurridos entre 6 y 7 días desde la finalización del fraguado. Preferentemente, esta etapa de secado podrá llevarse a cabo durante 24 horas a una temperatura de entre 45°C y 55°C, mejorando de este modo la resistencia térmica del material endurecido.

Cabe destacar que el método objeto de la invención se lleva a cabo en conformidad con la norma UNE-EN 13279-2:2014.

Breve descripción de los dibujos

Junto con la presente descripción se acompañan, con carácter ilustrativo y no limitativo, una serie de figuras donde se muestran distintas realizaciones posibles del nuevo material de escayola aligerada y de elevadas prestaciones térmicas reivindicado. Dicho material se ha adecuado a la fabricación de placas y paneles prefabricados. Se han presentado dos soluciones bien diferenciadas para esta tipología de prefabricados que pueden ser empleados para la ejecución de falsos techos en la edificación:

Figura 1. Vista en perspectiva de un ejemplo de realización de una placa o panel elaborado con el material de escayola objeto de esta invención.

Figura 2. Vista en perspectiva de un ejemplo de realización de una placa para falsos techos concebida para ocultar la perfilería de sujeción.

Figura 3. Detalle constructivo en sección de un ejemplo de realización de una placa empleada para la elaboración de falsos techos con anclaje atornillado.

Figura 4. Detalle constructivo en sección de un ejemplo de realización de una placa empleada para la elaboración de falsos techos anclaje oculto.

Figura 5. Vista en perspectiva de un ejemplo de realización de un falso techo montado

ES 2 933 873 B2

sobre raíles y conformado por las placas de escayola elaboradas con el material de construcción objeto de esta memoria.

Listado de referencias numéricas:

1. Placa o panel prefabricado con matriz de yeso o escayola
- 5 2. Compuesto aislante resultado de la disolución de poliestireno expandido (EPS) en acetona o disolvente universal.
3. Partículas de neumáticos fuera de uso de diámetro preferentemente comprendido entre 0,5 mm y 2 mm.
4. Perfil secundario.
- 10 5. Perfil primario.
6. Horquilla de cuelgue.
7. Varilla roscada.
8. Forjado de planta superior.
9. Muro perimetral.
- 15 10. Banda de dilatación.
11. Tornillo de anclaje.
12. Sujeción oculta.

Además, las letras indican: (A) anchura, (L) longitud, (e) espesor y (e1) subespesor.

Descripción de un ejemplo de realización

- 20 En un ejemplo de realización del material de escayola aligerado de elevadas prestaciones térmicas, dicho proceso puede comprender establecer una cantidad determinada de cada uno de los componentes de la mezcla. A continuación, se muestran a modo de ejemplos de realización cuatro posibles dosificaciones con distintas proporciones de disolución de poliestireno expandido (EPS) con partículas de neumático fuera de uso:

25

ES 2 933 873 B2

Tabla 1. Cantidades empleadas con porcentajes referidos a la masa de escayola

Caso	Escayola (g)	Agua (g)	Partículas de Neumático (g)	Poliestireno expandido (g)	Acetona o disolvente universal (g)
1	1000	800	36	180	360
2	1000	800	72	180	360
3	1000	800	36	360	720
4	1000	800	72	360	720

Es importante resaltar que un exceso de cualquiera de los aditivos, especialmente del poliestireno expandido (EPS) a disolver, repercutiría negativamente en el proceso de amasado y reduciría fuertemente las propiedades mecánicas del material endurecido. Sin embargo, una cantidad no suficiente de aditivo no mostrará ningún perjuicio, pero tampoco garantiza que se consigan los efectos sinérgicos de combinar todos los aditivos.

Durante su amasado, se sigue el procedimiento de amasado recogido en la descripción de la presente memoria de invención.

En caso de añadir fibras adicionales de refuerzo a la mezcla con el objetivo de mejorar su resistencia a flexotracción, éstas deben estar repartidas en el agua de amasado antes de espolvorear la escayola. Este proceso de deshilar las fibras puede hacerse de forma manual o mecanizada, en base a los requerimientos de material que se deseen obtener. El vertido en el molde se realizará de manera gradual y progresiva. Cabe destacar que es de utilidad untar con aceite o grasa las paredes interiores de los moldes para facilitar el posterior desencofrado. Finalmente, el proceso de enrasado y alisado superficial de las caras planas de los prefabricados debe realizarse cuidadosamente y sin dañar la superficie para adquirir la textura deseada.

Una vez amasado el material y endurecido, a los siete días, conforme establece la norma UNE-EN 13279-2:2014, se puede proceder al ensayo de sus propiedades mecánicas. Cabe destacar que el material de escayola aligerada de elevadas prestaciones térmicas, objeto de la presente invención, disminuye su conductividad térmica en estado endurecido al ser sometido a un proceso de secado en estufa durante 24 horas a una temperatura de 50°C. Esto es debido a que gracias a este paso se evapora el agua libre de amasado que ha quedado sin combinar con la escayola, así como, la acetona o disolvente universal empleado

ES 2 933 873 B2

para obtener la mezcla viscosa de poliestireno expandido (EPS), generando así una red de poros interna en el material de construcción. Cabe resaltar que si se emplean temperaturas elevadas por encima de los 50°C el poliestireno expandido (EPS) que contiene el nuevo material de construcción puede verse perjudicado y disminuir las prestaciones técnicas finales del material en estado endurecido.

Se han llevado a cabo varios ensayos con el objetivo de determinar el material reivindicado (Tabla 2). En términos generales, se puede observar una disminución del peso, que se ve reflejada en una disminución de la densidad del material, sin que ésta afecte bruscamente a las resistencias mecánicas a flexotracción y compresión, además de obtener una reducida conductividad térmica en el material endurecido.

Tabla 2. Propiedades de los materiales endurecidos ensayados conforme a la norma UNE-EN 13279-2:2014, referentes a las dosificaciones empleadas en la Tabla 1

Propiedad	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Relación agua/escayola	0.8	0.8	0.8	0.8
Densidad aparente (kg/m ³)	870	930	740	810
Principio de fraguado (min)	10	9	11	10
Dureza (Unidades Shore C)	67	63	61	56
Resistencia Flexotracción (MPa)	2.15	1.84	1.76	1.44
Resistencia Compresión (MPa)	4.52	4.32	3.87	3.42
Conductividad Térmica (W/mK)	0.11	0.13	0.09	0.10

Se debe resaltar que el empleo del material de construcción descrito permite su utilización en cualquier tipo de soporte y encofrado para la elaboración de prefabricados modulares. Esta versatilidad en su empleo es la que facilita su adaptación a diferentes geometrías y requisitos que puedan solicitarse en todo tipo edificaciones. Además, una vez endurecidos los prefabricados, estos permiten su mecanizado, perforación, tratamiento superficial y pintado.

De esta manera, se consigue un sistema de montaje limpio, con la ventaja de que tanto los anclajes como los elementos auxiliares de fijación se encuentran ampliamente

ES 2 933 873 B2

industrializados, facilitando su implantación en obra. Es necesario destacar que, en caso de que se requiera realizar reparaciones, sellado de piezas o módulos y terminación de posibles juntas entre prefabricados, éstas deben realizarse con el mismo material y dosificación empleado para la elaboración de los módulos prefabricados originales, evitando así posibles imperfecciones y defectos que puedan surgir.

Por último, en aquellas viviendas en las que se deba realizar el material reivindicado in situ, será necesario controlar la temperatura de secado de la masa en estado fresco, ya que en regiones geográficas con elevadas temperaturas ambientales el proceso de fraguado se puede acelerar rápidamente, disminuyendo e incluso impidiendo la trabajabilidad de la mezcla del material descrito en la invención. De este modo, podrán emplearse equipos auxiliares de ventilación y sistemas para mantener constantes las condiciones de humedad relativa, evitando así que el fraguado sea demasiado brusco y el material no endurezca de forma adecuada.

La aplicación industrial más directamente relacionada con el material de escayola aligerada de elevadas prestaciones térmicas desarrollado en la presente invención es la de servir como materia prima para la elaboración de placas y paneles prefabricados para su empleo en la edificación.

Estos prefabricados poseen una amplia versatilidad debido a su buenas propiedades mecánicas y su baja conductividad térmica, de forma que pueden ser empleados en trasdosados interiores, tabiquerías secas prefabricadas, ejecución de falsos techos y otros elementos de yeso o escayola existentes en interior de las estancias de la edificación. Además, debido a su menor densidad y mayor ligereza se consigue disminuir el tiempo de ejecución de los sistemas constructivos antes mencionados, a la vez que se disminuirían las emisiones de CO₂ provocadas en el transporte de estos materiales desde la industria hasta su puesta en obra.

Las dimensiones de los bloques prefabricados pueden ser con carácter orientativo, pero no limitativo, de 600 mm² x 600 mm² de superficie y espesor variable, aunque nunca inferior a 30 mm sin son planos. Aunque el prefabricado diseñado consigue aguantar el peso propio de la escayola sin problemas, no se aconseja superar las dimensiones de 1000 mm de ancho y 2400 mm de altura para facilitar el trabajo a los operarios y evitar posibles roturas ocasionadas por posibles esfuerzos de pandeo o flexión que puedan surgir en las piezas. En cualquier caso, si se pretendiera superar las dimensiones antes mencionadas sería conveniente reforzar la matriz del nuevo material de escayola con fibras de refuerzo sintéticas (ej.: fibra de vidrio, basalto o polipropileno) o naturales (ej.: fibra de madera o cáñamo) con una longitud no inferior a 6 mm y no superior a 40 mm.

ES 2 933 873 B2

Adicionalmente, también se tiene la posibilidad de incorporar dispositivos metálicos de aluminio u otro material ligero, fácilmente mecanizable e inerte en su contacto con el material de escayola descrito en la memoria, al dorso de las placa o paneles que permitan mejorar su fijación en los elementos de anclaje para falsos techos o tabiquerías. Estos elementos pueden
5 incorporarse durante el proceso de fraguado del material de escayola descrito para su elaboración.

La figura 1 representa una vista en perspectiva de un ejemplo de realización de una placa o panel elaborado con el material de escayola objeto de esta invención.

La figura 1 representa un ejemplo de realización de una placa (1) prefabricada con matriz de
10 escayola. La placa (1) posee un compuesto aislante (2) resultado de la disolución de poliestireno expandido (EPS) en disolvente universal y partículas de neumáticos (3) fuera de uso de diámetro comprendido entre 0,5 mm y 2 mm.

La figura 2 representa una vista en perspectiva de un ejemplo de realización de una placa (1) para falsos techos concebida para ocultar la perfilería de sujeción. Posee un machihembrado
15 con un espesor (e) y subespesor (e1).

La figura 3 representa un detalle constructivo en sección de un ejemplo de realización de una placa (1) empleada para la elaboración de falsos techos con anclaje atornillado.

El falso techo además comprende un perfil secundario (4), un perfil primario (5), una horquilla de cuelgue (6), una varilla roscada (7), un forjado de planta superior (8), un muro perimetral
20 (9), una banda de dilatación (10) y un tornillo de anclaje (11).

La figura 4 representa un detalle constructivo en sección de un ejemplo de realización de una placa (1) empleada para la elaboración de falsos techos con anclaje oculto. En este caso el anclaje del falso techo comprende una sujeción oculta (12).

La figura 5 representa una vista en perspectiva de un ejemplo de realización de un falso techo
25 montado sobre raíles y conformado por las placas (1) de escayola elaboradas con el material de construcción objeto de esta invención. En los ejemplos mostrados, la granza de triturada puede ser de cualquier elastómero derivado del caucho.

También se puede emplear cualquier tipo de disolvente, no nocivo para la salud y compatible con la pasta de escayola, que permita disolver el poliestireno expandido (EPS) y obtener una
30 mezcla viscosa homogeneizada.

Finalmente es objeto de la invención el uso del material de construcción para realizar paneles para trasdosados interiores o tabiquerías para separación de estancias y/o para elaborar cielorrasos o placas para falsos techos.

ES 2 933 873 B2

REIVINDICACIONES

- 1.- Material de construcción aislante aligerado, caracterizado por que comprende:
- una mezcla de agua y un material conglomerante seleccionado entre yeso o escayola, donde la relación en peso agua/material conglomerante es superior a 0.6 e inferior a 0.9,
 - una mezcla aislante que comprende:
 - o poliestireno expandido (EPS) disuelto en acetona o disolvente universal, y
 - o partículas de residuos de aislamientos térmicos o caucho,
- donde el material de construcción comprende:
- de un 40% a un 90% en peso de la mezcla de agua y material conglomerante, y
 - de un 60% a un 10% en peso de mezcla aislante.
- 2.- Material de construcción aislante aligerado, según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende partículas de residuos que provienen del triturado de un elastómero derivado del caucho.
- 3.- Material de construcción aislante aligerado, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el caucho proviene de residuos de neumáticos.
- 4.- Material de construcción aislante aligerado, según la reivindicación 3, caracterizado por que el tamaño de las partículas de residuos de caucho de neumáticos está comprendido entre 0.5 mm y 2 mm.
- 5.- Material de construcción aislante aligerado, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende además fibras artificiales o fibras naturales de refuerzo.
- 6.- Material de construcción aislante aligerado, según la reivindicación 5, caracterizado por que comprende fibras naturales o artificiales de refuerzo en un porcentaje comprendido entre un 1% y un 5% respecto al peso total de material conglomerante.
- 7.- Material de construcción aislante aligerado, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el poliestireno expandido (EPS) proviene de residuos de construcción y demolición.
- 8.- Material de construcción aislante aligerado, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un gramo de poliestireno expandido (EPS) por cada dos gramos de acetona o disolvente universal.

ES 2 933 873 B2

9.- Panel o placa prefabricado caracterizado por que está fabricado con el material de construcción aislante aligerado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

10.- Proceso de elaboración de un material de construcción aislante aligerado, caracterizado por que comprende los siguientes pasos:

- 5
- disolver poliestireno expandido (EPS) en acetona o disolvente universal removiendo la mezcla hasta formar una pasta homogénea,
 - añadir progresivamente sobre la mezcla anterior partículas de residuos de aislamientos térmicos o caucho y remover hasta obtener una mezcla aislante homogénea,
- 10
- realizar una mezcla de agua y un material conglomerante seleccionado entre yeso o escayola, donde la relación en peso agua/material conglomerante sea superior a 0.6 e inferior a 0.9,
 - añadir en estado líquido la mezcla aislante a la mezcla de agua y material conglomerante y remover hasta obtener una mezcla homogénea,
- 15
- de modo que el material de construcción comprende:
- de un 40% a un 90% en peso de la mezcla de agua y material conglomerante, y
 - de un 60% a un 10% en peso de mezcla aislante.

11.- Proceso de elaboración de un material de construcción aislante aligerado, según la reivindicación 10, caracterizado por que se mantiene la mezcla aislante homogénea en estado líquido y se continúa removiendo mientras se realiza la mezcla de agua y conglomerante.

12.- Proceso de elaboración de un material de construcción aislante aligerado, según la reivindicación 10 ó 11, caracterizado por que se añade el material conglomerante espolvoreándolo sobre el agua.

13.- Proceso de elaboración de un material de construcción aislante aligerado, según la reivindicación 10, 11 ó 12, caracterizado por que la mezcla de agua y conglomerante y la mezcla aislante se remueven durante un tiempo comprendido entre 15 y 30 segundos.

14.- Proceso de elaboración de un material de construcción aislante aligerado, según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que se deja reposar la mezcla de agua y conglomerante durante un tiempo comprendido entre 30 segundos y un minuto.

15.- Proceso de elaboración de un material de construcción aislante aligerado, según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado por que comprende una etapa de

ES 2 933 873 B2

adición de fibras artificiales o naturales al agua y a continuación se añade el material conglomerante.

5 16.- Proceso de elaboración de placas o paneles prefabricados, caracterizado porque se introduce el material elaborado según el proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15 en estado fresco en un molde, posteriormente se deja reposar el material hasta su fraguado y finalmente se desmoldea.

17.- Proceso de elaboración de placas o paneles prefabricados, según la reivindicación 16, caracterizado porque el fraguado del material se realiza durante un tiempo comprendido entre 20 y 60 minutos.

10 18.- Proceso de elaboración de placas o paneles prefabricados, según la reivindicación 17, caracterizado porque comprende una etapa posterior de secado en estufa, transcurridos entre 6 y 7 días desde la finalización del fraguado.

15 19.- Proceso de elaboración de placas o paneles prefabricados, según la reivindicación 18, caracterizado porque la etapa de secado se lleva a cabo durante 24 horas a una temperatura de entre 45°C y 55°C.

ES 2 933 873 B2

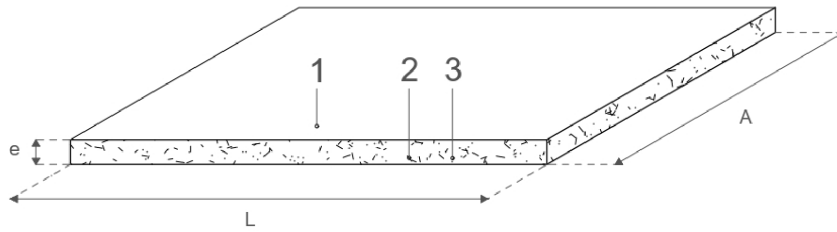


Figura 1

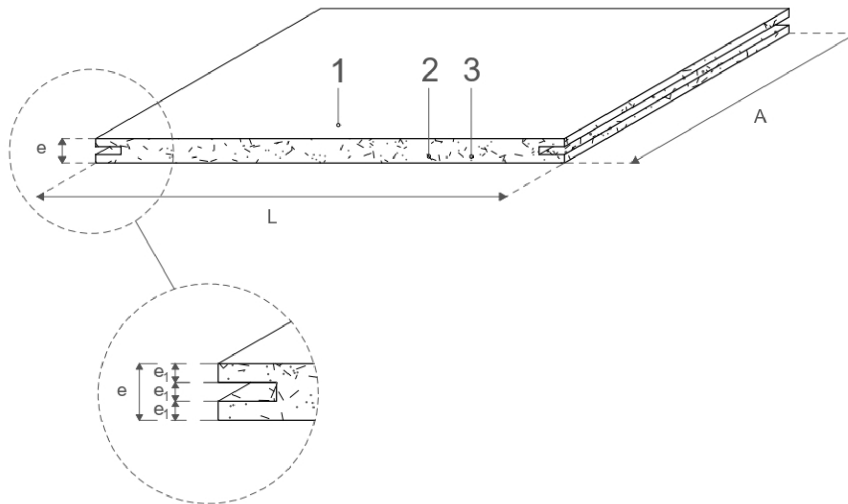


Figura 2

ES 2 933 873 B2

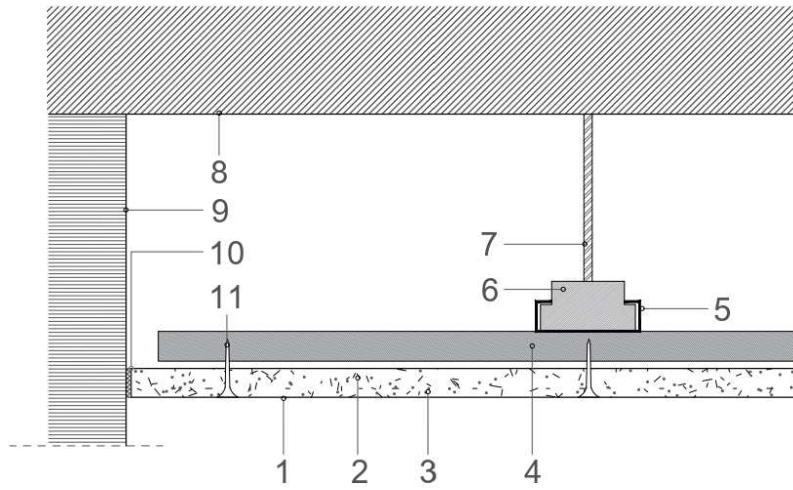


Figura 3

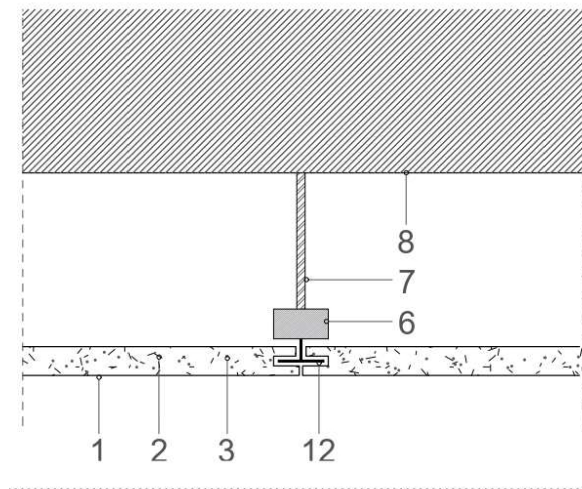


Figura 4

ES 2 933 873 B2

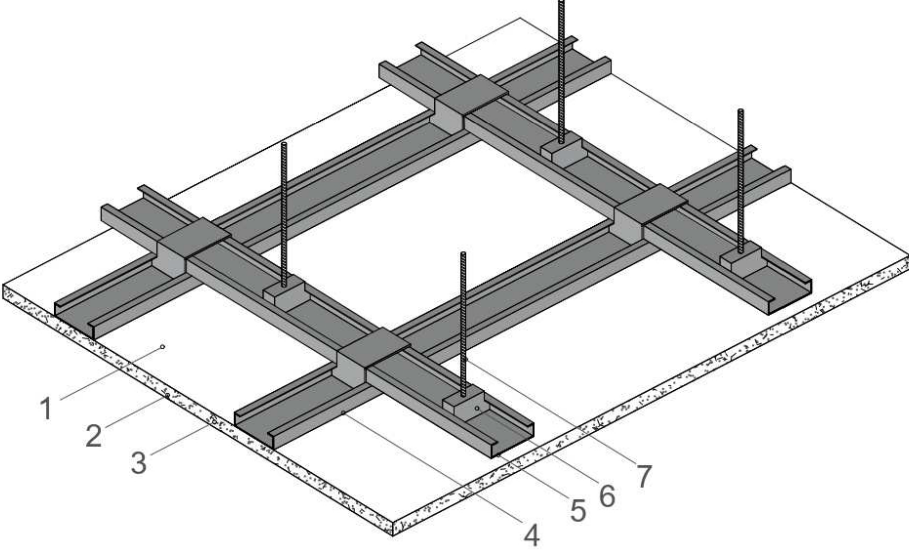


Figura 5

Anexo 2



11 Número de publicación: **2 935 175**

21 Número de solicitud: 202231042

51 Int. Cl.:

C04B 16/08 (2006.01)

C04B 18/22 (2006.01)

C04B 28/00 (2006.01)

C04B 38/08 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

02.12.2022

43 Fecha de publicación de la solicitud:

02.03.2023

Fecha de concesión:

18.07.2023

45 Fecha de publicación de la concesión:

25.07.2023

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (90.0%)
C/ Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid (Madrid) ES y
UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS (10.0%)**

72 Inventor/es:

**ZARAGOZA BENZAL, Alicia;
FERRÁNDEZ VEGA, Daniel;
MORÓN FERNÁNDEZ, Carlos y
ZÚÑIGA VICENTE, José Ángel**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

54 Título: **Diseño y método de elaboración de un nuevo material conglomerante y su aplicación en el desarrollo de bloques para construcción modular aligerada y sostenible**

57 Resumen:

La presente invención se refiere al desarrollo de un nuevo material conglomerante sostenible concebido para ser empleado en la fabricación de piezas modulares para la ejecución de cerramientos. Dicho material está compuesto de: 20-40% disolución de EPS (poliestireno expandido) y 60-80% de mortero geopolímero con sustitución total o parcial del árido por partículas granulares recicladas de NFU. Se obtiene así una pieza con elevada resistencia térmica utilizable en la construcción de paramentos verticales en edificios, baja densidad y buenas resistencias mecánicas. El espesor del bloque puede variar según contenga dos o más filas de alveolos y su altura puede cambiar en función de las necesidades del fabricante. Exteriormente los cantos de las piezas pueden ser solapados de manera que la junta de unión quede oculta y las caras planas exteriores e interiores presenten o no texturas. La colocación preferente de las piezas se realiza con los alveolos en dirección vertical.

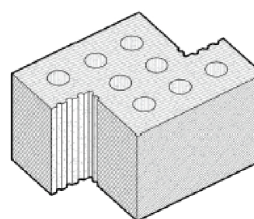
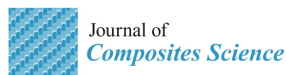


Figura 3

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 935 175 B2

Anexo 3



Article

Water Resistance Analysis of New Lightweight Gypsum-Based Composites Incorporating Municipal Solid Waste

Alicia Zaragoza-Benzal , Daniel Ferrández * , Alberto Morón Barrios and Carlos Morón

Departamento de Tecnología de la Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Avenida de Juan de Herrera, 6, 28040 Madrid, Spain; alicia.zaragoza@upm.es (A.Z.-B.); alberto.moron@upm.es (A.M.B.); carlos.moron@upm.es (C.M.)

* Correspondence: daniel.fvega@upm.es

Abstract: Incorporating waste to produce new environmentally friendly construction products has become one of the great challenges of the industry nowadays. The aim of this research is to analyse the behaviour of novel gypsum composites against water action, incorporating recycled rubber aggregates (up to 8.5% vol.) and dissolved expanded polystyrene (up to 10.0% vol.). To this end, a total of 10 dosages have been proposed with the progressive substitution of natural resources by these secondary raw materials. The results show how it is possible to reduce the total water absorption of the gypsum composites by up to 8.3% compared to traditional gypsum material. In addition, it is also possible to reduce water absorption by capillary by up to 52.7%, resulting in lighter composites with good performance against water action. In all composites analysed, the mechanical strengths exceeded the minimum values of 1 MPa in bending and 2 MPa in compression, making them an optimal solution for the development of lightweight prefabricated products for damp rooms.

Keywords: gypsum; end-of-life tyre; expanded polystyrene; water resistance; circular economy



Citation: Zaragoza-Benzal, A.; Ferrández, D.; Barrios, A.M.; Morón, C. Water Resistance Analysis of New Lightweight Gypsum-Based Composites Incorporating Municipal Solid Waste. *J. Compos. Sci.* **2024**, *8*, 393. <https://doi.org/10.3390/jcs8100393>

Academic Editors: Mourad Nachtane and Marwane Rouway

Received: 20 August 2024

Revised: 24 September 2024

Accepted: 26 September 2024

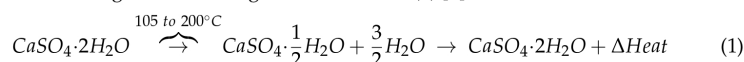
Published: 1 October 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Construction gypsum is nowadays considered one of the most environmentally friendly binders due to three key factors: (1) its low production temperature compared to cementitious materials [1]; (2) its raw material ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) is generated as a by-product in many industrial processes [2]; and (3) it is a product that is 100% recyclable on a regular basis through the following reaction scheme (1) [3]:



For all these reasons, it is not surprising that this material is currently being extensively studied with the aim of promoting its application in the construction sector. Gypsum-based materials have excellent qualities for use as interior cladding in dwellings due to their high capacity for hygrothermal regulation [4]. In addition, they are widely used for the development of prefabricated housing panels and boards, where their application extends to the execution of false ceilings, interior partitions or façade cladding [5,6]. It is within these prefabricated systems that gypsum composites have the greatest potential for the integration of recycled raw materials. This is because natural resources (gypsum and water) can be largely replaced by secondary raw materials from solid urban waste (SUW) [7]. By relying on the non-structural characteristics of these prefabricated gypsum products, manufacturers can increase the recycled material content without reducing the functionality of these building systems [8].

However, one of the great technical difficulties arising from the use of gypsum is its low resistance to water, which has limited its application to building interiors [9]. In environments where there is high humidity values or where gypsum is in direct contact with water, this material shows a high degree of solubility and mechanical strength loss [10].

Anexo 4



Madrid, a 07 de abril de 2025

Por la presente, me es grato comunicarle que el artículo de Ref. **3958**, titulado “*Lightweight gypsum composite material to improve energy efficiency: Assessment of physico-chemical, mechanical, thermal and fire performance properties*”, escrito por Alicia Zaragoza-Benzal, Daniel Ferrández, Paulo Santos y Evangelina Atanes-Sánchez, recibido el día 06/10/2024, ha sido aceptado para su publicación en la Revista **MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**. Está previsto que dicho artículo sea publicado en el **próximo número de la revista 358** (de abril-junio 2025).

La revista Materiales de Construcción, con **eISSN: 1988-3226**, **ISSN-L: 0465-2746** y **DOI: 10.3989/mc**, está dedicada a temas relacionados a los últimos avances en materiales de construcción y se publica trimestralmente en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc), centro perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Pueden consultarse todos los números publicados en la página web: <https://materconstrucc.revistas.csic.es>

Actualmente, todas las revistas científicas del CSIC se distribuyen en formato on-line, por lo que podrá consultar su artículo en la mencionada página una vez que se publique el número al que se ha asignado. De forma provisional, su comunicación ha recibido el número DOI (Digital Object Identifier) siguiente: <https://doi.org/10.3989/mc.2025.395824>. Dicho identificador no pasará a estar activo hasta el momento de la publicación.

Le expreso mi más sincera enhorabuena por la publicación de su artículo, agradeciéndole que haya elegido nuestra revista, y espero poder contar de nuevo con su colaboración en futuros números.

Atentamente,

ALONSO LOPEZ M.MAR -
DNI 02872180D

Firmado digitalmente por ALONSO LOPEZ M.MAR - DNI 02872180D
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, o=CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS, ou=CERTIFICADO ELECTRONICO DE EMPLEADO PUBLICO, ou=INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION EDUARDO TORROJA, ou=02872180D, serialNumber=IDCES-02872180D, sn=ALONSO LOPEZ, givenName=M.MAR, cn=ALONSO LOPEZ M.MAR - DNI 02872180D
Fecha: 2025.04.11 09:52:43 +02'00'

Dr. Mar Alonso

Eduardo Torroja Institute for Construction Sciences (IETcc-CSIC)

Editor-In-Chief of “Materiales de Construcción” Journal (**JCR- 2021; I.F.: 2.133**)

<http://materconstrucc.revistas.csic.es>

www.ietcc.csic.es

Tel. 34 913020440 ext 870328

Follow us @MaterialesdeCo3