

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 851 383**

21 Número de solicitud: 202030184

51 Int. Cl.:

C04B 18/04 (2006.01)
C04B 18/16 (2006.01)
C04B 38/08 (2006.01)
C04B 16/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

04.03.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

06.09.2021

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE JAÉN (100.0%)
Campus Las Lagunillas, s/n
23071 Jaén (Jaén) ES

72 Inventor/es:

MARTÍNEZ GARCÍA, Carmen;
COTES PALOMINO, María Teresa;
MORENO MAROTO, José Manuel;
UCEDA RODRÍGUEZ, Manuel y
COBO CEACERO, Carlos Javier

54 Título: **Árido ligero fabricado con residuos ácidos procedentes de la industria del titanio y procedimiento de obtención del mismo**

57 Resumen:

La presente invención se refiere a un árido poroso de baja densidad fabricado por sinterización a partir de lodos minerales de la industria del titanio en combinación con otros residuos. Al procedimiento de obtención de dicho árido y al uso del mismo en estructuras y piezas de hormigón, mampostería, pavimentos, ingeniería geotécnica, ingeniería civil, humedales artificiales, ingeniería ambiental, horticultura, jardinería y tejados verdes.

ES 2 851 383 A1

DESCRIPCIÓN

Árido ligero fabricado con residuos ácidos procedentes de la industria del titanio y procedimiento de obtención del mismo

5 OBJETO DE LA INVENCION

Sector de la técnica

La presente invención se encuadra en el campo general de la ingeniería química y desarrollo de nuevos materiales; en particular se refiere a un árido poroso de baja densidad, fabricado por sinterización a partir de lodos minerales de la industria del titanio
10 en combinación con otros residuos, así como a su potencial uso en estructuras y piezas de hormigón, ingeniería geotécnica, horticultura, entre otros.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Estado de la técnica

Generalmente, los áridos se obtienen mediante la explotación directa de recursos
15 naturales ligeros (por ejemplo, vidrio volcánico o vermiculita) o bien se fabrican industrialmente a través de un proceso de transformación térmica partiendo de materias primas también naturales (principalmente arcilla, esquistos y pizarras) o bien de subproductos industriales. En este ámbito, la producción de áridos ligeros ha sido estudiada con diferentes materias primas, entre ellas la arcilla y/o la adición de residuos
20 como cenizas volantes, cenizas de fondo, cenizas de lodos de depuradora, cenizas de combustión de residuos sólidos urbanos, escoria de alto horno, vidrio reciclado, residuos de minería, lodos de metales pesados o suelos contaminados, entre otros. Sin embargo, en ningún caso se ha investigado la producción de áridos ligeros expandidos con los residuos detallados en la presente invención, siendo además destacable la obtención
25 de un material totalmente ecológico, que además resuelve el problema de gestión de los lodos ácidos procedentes de la industria extractiva del titanio (tionite).

La expansión térmica es el método más extendido para fabricar áridos ligeros de alta porosidad a escala industrial. Las materias primas son en primer lugar trituradas hasta un tamaño de partícula idóneo. Tras esto, el material se mezcla con un contenido de
30 agua adecuado y se pelletiza en forma de gránulos de pequeño tamaño (normalmente

de 4-10 mm aproximadamente). Una vez seco, el material se somete a un tratamiento térmico relativamente rápido a altas temperaturas (normalmente entre 1000-1300°C), durante el cual, la partícula reblandece y sufre una expansión provocada por un desprendimiento gaseoso en su interior. Al enfriar, las partículas endurecen conservando la porosidad provocada por las burbujas gaseosas.

Es necesario, por tanto, el desarrollo de nuevos áridos ligeros que partan de diferentes materias primas y que obtengan características de baja densidad, las cuales proporcionen ventajas como material ligero. En este sentido, en relación al estado de la técnica, existen escasos trabajos referentes al campo específico de la presente invención, los cuales en ningún caso afectan a la novedad reflejada en este documento:

En el artículo de Dondi et al. (2010) con título *Recycling the insoluble residue from titania slag dissolution (tionite) in clay bricks* se especifica la posibilidad de utilización de un residuo de tionite en combinación con arcilla. En su caso, las proporciones empleadas de tionite son muy inferiores a las reflejadas en este documento (3, 6 y 9% en peso según Dondi et al. 2010, frente a 70-90% en peso en esta invención) y la neutralización del pH de dicho residuo se lleva a cabo con un compuesto comercial, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, el cual difiere del empleado para esta invención, basado en carbonatos obtenidas a partir de residuos o de materiales naturales. Además, el protocolo de Dondi et al. (2010) requiere del uso de arcilla en elevadas cantidades, componente no necesario en la presente invención o que su uso puede restringirse a proporciones menores. A esto hay que añadir que el trabajo de Dondi et al. (2010) se centra en la obtención de ladrillos, cuyo sistema de fabricación es radicalmente diferente al de los áridos ligeros según la invención aquí presentada.

Por su parte, la patente con referencia CN109437961A se centra en el desarrollo de un cemento con árido ligero y su modo de preparación, de aplicación principal en la construcción de pantallas de hormigón para absorber ondas electromagnéticas. El árido se prepara a partir de escorias con alto contenido en titanio, concretamente entre un 15-25% de peso, y óxidos de Ca, Mg, Si y Al. La preparación del material tiene lugar mediante la granulación y enfriamiento de la escoria fundida, de manera que dicho árido es utilizado posteriormente en la mezcla para la fabricación del cemento. Es importante destacar que dicha patente aborda el uso de óxidos de titanio convencionales, cuya naturaleza y peligrosidad son muy distintos a los del residuo de tionite. Además, el tipo de tratamiento térmico reflejado en dicho documento difiere significativamente con el indicado en la presente invención (calentamiento progresivo y prolongado frente a

choque térmico y cocción de corta duración).

Por su parte, el estudio publicado por Moreno-Maroto et al. (2019) con título *Recycling of 'alperujo' (olive pomace) as a key component in the sintering of lightweight aggregates* muestra un ejemplo representativo del empleo de un tipo específico de residuo, en este caso el *alperujo* de aceituna, como aditivo para la fabricación de áridos ligeros. Aunque la finalidad de dicho trabajo confluye en cierta medida con el objeto de la presente invención, la materia prima dominante es muy distinta. Así, a pesar de que en ambos documentos se indique la posibilidad de uso de alperujo en proporciones menores, el componente dominante de esta invención es el tionite, mientras que en Moreno-Maroto et al. (2019) serían arcillas naturales. Este hecho hace que no sólo las propiedades del producto obtenido muestren importantes diferencias, sino que, además, el procedimiento de fabricación también sea abordado con otras estrategias, especialmente debidas a la alta acidez del residuo de tionite.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

15 *Breve descripción de la invención*

La presente invención muestra un producto granular altamente poroso y de baja densidad (árido ligero artificial) fabricado a partir de tres o más nutrientes tecnológicos que actualmente se gestionan como residuos o subproductos, con el consiguiente gasto para la empresa productora y para el medio ambiente, sin perjuicio de poder emplear materiales naturales que se ajusten a las características deseadas. El residuo dominante en la mezcla es un lodo ácido de textura limosa procedente de la industria de la pigmentación, concretamente de la extracción de óxidos de titanio a partir de ilmenita. El bajo pH del residuo se neutraliza con la adición en proporciones menores de un material corrector de pH, preferentemente de origen residual, tal como el lodo limoso procedente del corte de mármoles o la cáscara de huevo molturada a granulometría fina, si bien, también se pueden utilizar agentes neutralizadores de pH de origen natural, como arcillas o suelo ricos en carbonatos, sin perjuicio de la utilización de otro tipo de materias primas o residuos que consigan el mismo efecto. Como aditivo en proporción minoritaria, se emplea polvo de materias primas orgánicas, preferentemente procedente de residuos de éstas (polvo de corcho, alperujo, residuo de papel, u otros). Tras tratamiento térmico, se obtiene un producto de baja densidad y alta porosidad, lo que secundariamente se traduciría en buenas características de aislamiento térmico-acústico, de retención y transporte de agua y menor carga portante

al terreno. Además, presentaría mejores propiedades mecánicas y una menor huella de carbono que los productos comerciales empleados en la actualidad para los mismos usos. Es destacable que, al ser un producto fabricado a partir de residuos industriales, se resuelve con ello la problemática ambiental asociada a la gestión de tales residuos.

5 Por lo tanto, un primer aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para la fabricación un árido ligero que comprende las siguientes etapas:

a) mezclado íntimo vía húmeda de un i) lodo limoso rico en titanio (30-50 % en peso de Ti) de alta acidez ($\text{pH} < 4$) con ii) un componente de carácter básico, como por ejemplo el lodo limoso del corte de mármol, en proporción tal, que la mezcla resultante presente
10 un pH neutro o aproximadamente neutro (en torno a 7) tras un periodo de maceración que puede oscilar entre pocas horas a varios días;

b) mezclado íntimo de la mezcla resultante de la etapa a) con proporciones menores de iii) un residuo de naturaleza orgánica que actuará como agente formador de poros;

c) adición de agua en la mezcla resultante de la etapa b) en proporción adecuada para
15 obtener una pasta maleable;

d) extrusión y pelletización del material de la etapa e);

e) secado del material granular pelletizado de la etapa d);

f) cocción en horno tubular rotatorio del material granular obtenido en e) según la siguiente secuencia: precalentamiento en la primera sección del tubo a una temperatura
20 de unos 400-800°C durante unos 1-10 minutos; sinterización del material granular en la zona central del tubo a unos 1200-1300°C durante 2-30 minutos; enfriamiento rápido del material granular sinterizado, primero en la última sección del tubo, y finalmente en el exterior, hasta alcanzar la temperatura ambiente.

En la presente invención se entiende por "árido" al material granular que se añade como
25 fase dispersa para obtener principalmente materiales de construcción, tales como hormigón, morteros y pavimentos, constituidos, por lo general, por rocas machacadas. En el caso de los 'áridos ligeros' suele tratarse de materiales altamente porosos de origen natural o fabricados artificialmente. Esta alta porosidad sería la responsable de la baja densidad, resistencia a la helada y alto poder aislante térmico y acústico de los
30 productos en los que son constituyentes.

En la presente invención, y de acuerdo a la UNE-EN 13055-1, se entiende por "árido ligero" al árido que tiene una densidad aparente igual o inferior a 1.2 g/cm³.

En una realización en particular, el porcentaje en peso (corregido a porcentaje en peso seco) de los materiales de partida respecto al porcentaje de peso total es:

5 70-90% en peso de lodo ácido procedente de la extracción del tionite,

10-30 % en peso de agente corrector de pH,

0.5-5 % de residuo orgánico en forma de polvo (polvo de corcho, lodo de depuración fabricación papel moneda, lodo de depuradora, residuos vegetales molturados, etc.)

En una realización más en particular, el lodo de tionite presenta un pH inferior a 4.

10 En otra realización en particular, el lodo de tionite presenta como fases mayoritarias especialmente rutilo y óxidos de titanio-magnesio, mientras que la fase minoritaria dominante sería el cuarzo, lo que se traduce en un contenido en titanio del 30-50 % en peso, óxido de silicio de 10-20 % en peso, óxido de hierro de 10-15 % en peso, óxido de azufre de 5-8 % en peso, óxido de aluminio 2-4 % en peso, y otros óxidos en
15 proporciones menores. La pérdida de masa por ignición del lodo ácido de tionite de la presente invención comprendería valores de 10-20 % en peso.

En otra realización en particular, el agente corrector de pH que forma parte de la mezcla de la presente invención, comprende 30-100 % en peso de carbonatos, tales como CaCO₃, y una pérdida por calcinación del 25-50 % en peso.

20 En otra realización en particular, los residuos orgánicos que forman parte del árido ligero de la presente invención, comprenden 50-80 % en peso de carbono y una pérdida por calcinación del 95-100 % en peso.

En otra realización en particular, el porcentaje de agua añadido a la mezcla de la etapa c) se corresponde a aquel en el cual la pasta obtenida es plástica (de acuerdo a la UNE-
25 EN-103-104-93), correspondiéndose preferentemente entre el 40% y el 55% en peso respecto al peso total de las materias primas.

En otra realización en particular, el tamaño del pellet conformado en la etapa d) comprenderá diámetros entre 1 mm y 25 mm, preferentemente 4-10 mm.

En otra realización en particular, el secado del material granular en la etapa e) se llevaría

a cabo entre 60-120°C, preferentemente a una temperatura de 105°C.

Otro aspecto de la invención se refiere a un árido ligero obtenido por el procedimiento definido en alguna de las realizaciones o aspecto definidos más arriba.

Otro aspecto de la invención se refiere al árido ligero, que comprende una densidad aparente suelta de 0.7-1.1 g/cm³, una densidad de partícula de 1.5-1.9 g/cm³, una absorción de agua tras 24 horas en remojo de 5-20 % y una resistencia media al aplastamiento del grano individual de 1-5 MPa.

En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso de lodos ácidos ricos en titanio, residuos o materiales estabilizadores de pH ricos en carbonatos en forma de polvo y los residuos orgánicos en forma de polvo de la presente invención para la fabricación de áridos ligeros.

En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso del árido ligero en hormigón ligero, morteros, pavimentos u otros elementos de construcción.

En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso del árido ligero en aplicaciones geotécnicas y de ingeniería civil.

En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso del árido ligero en humedales artificiales y otras aplicaciones en ingeniería ambiental.

En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso del árido ligero de la presente invención en cultivos.

En otro aspecto, la presente invención se refiere al uso del árido ligero de la presente invención en jardinería y tejados verdes.

En la presente invención por “tejado verde” se entiende cualquier estructura aplicada a una fachada, principalmente pero no limitadas a tejados, que se recubre con vegetación. El término “verde” indica su valor ecológico y no se limita únicamente al color de la vegetación.

Breve descripción de las figuras

Figura 1. Vista general del aspecto externo de un árido obtenido de acuerdo a la presente invención. El diámetro del espécimen mostrado es de 8.5 mm.

Figura 2. Vista de detalle de la estructura interna de un árido obtenido de acuerdo a la presente invención, donde se observa la porosidad desarrollada durante la cocción.

Descripción detallada de la invención

El producto detallado en la presente invención se realizaría según los siguientes pasos
5 específicos:

- Preparación de una mezcla homogénea inicial consistente en 75-90% en peso de residuo limoso de tionite en húmedo (cuya % humedad en planta es de aprox. 30%) + 10-25% en peso de polvo neutralizador del pH ácido. Para este fin, se deja en reposo la mezcla durante un periodo de maceración que puede oscilar entre pocas horas a varios
10 días, hasta comprobar que el pH está en torno a 6-7. Es importante destacar que, en el caso de que el contenido en carbonatos de dicho neutralizador sea muy elevado (>50%; por ejemplo, lodos de corte de mármoles ornamentales), se trabajará según el margen inferior (adición de porcentajes de en torno al 10%), mientras que si el contenido en carbonatos es relativamente bajo (<50%; por ejemplo, en arcillas carbonatadas) se
15 trabajará de acuerdo al margen superior (adición de porcentajes próximos al 25%).

- Adición de 1.25 - 2.5 % en peso de un residuo orgánico, también de granulometría fina, tal como polvo de corcho, alperujo de aceituna molido, lodos de depuradora, u otros residuos de naturaleza carbonosa. Considerando proporciones en seco, la mezcla final presenta por tanto uno porcentajes en torno al 65-86% de residuo de tionite + 12-32%
20 de componente estabilizador de pH + 1-4% de residuo orgánico.

- Adición de alrededor de 10-40% de agua hasta obtener una pasta plástica y maleable. En este caso, considerando que el residuo de tionite ya presentaba una humedad previa de entorno al 30%, el agua total presente en la pasta se correspondería con aproximadamente el 40-70% del peso total. Posterior maceración durante 24 horas en
25 condiciones herméticas para favorecer la completa distribución del agua por toda la pasta.

- Extrusión mecánica del material húmedo, pelletización en gránulos de unos 9-10 mm de diámetro y secado de éstos durante 24 horas al aire y al menos otras 24 horas en estufa a 105°C hasta secado completo.

30 - Cocción en un horno tubular rotatorio a escala de laboratorio a una velocidad de rotación de 2.5 rpm. Pre calentamiento de los pellets a unos 400-800°C durante 1 min

en la zona de entrada del tubo, para evitar su estallido. Tras esto, los pellets se introducen en la zona central del horno rotatorio donde se alcanza la máxima temperatura. En este caso, las temperaturas probadas con alto grado de satisfacción han sido 1.200-1.250°C. Tras 4 minutos de permanencia en la zona de máxima temperatura, los pellets son reconducidos al exterior, donde se favorece un enfriamiento rápido.

El producto obtenido es un árido ligero artificial fabricado a partir de residuos con las siguientes características principales:

-Densidad aparente suelta según UNE-EN-1097-3: 0.75-0.95 g/cm³

10 -Densidad de partícula saturada con superficie seca según UNE-EN-1097-6: 1.30-1.80 g/cm³

-Absorción de agua tras 24 horas según UNE-EN-1097-6: 5-15 %

-Resistencia mecánica al aplastamiento del árido individual (Yashima et al., 1987; Li et al., 2000): 1-5 MPa.

15 **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

El producto detallado en la presente invención ya ha sido desarrollado a escala de laboratorio. A continuación, se muestran tres ejemplos:

Ejemplo 1:

20 - Preparación de una mezcla homogénea inicial consistente en 90% en peso de residuo ácido (pH=2) limoso de tionite en húmedo (con una humedad del 30.9%) + 10 % en peso de polvo de mármol, actuando como neutralizador del pH ácido, alcanzándose un pH=6 tras un periodo de maceración de 24 horas.

25 - Adición de 1.25 % en peso de un residuo orgánico, concretamente polvo de corcho, procedente del procesado industrial de este material. Considerando proporciones en seco, la mezcla final presenta por tanto uno porcentajes 85.9% de residuo de tionite + 12.5% de residuo de mármol + 1.6% de polvo de corcho.

- Adición de 15% de agua para obtener una mezcla plástica. En este caso, considerando que el residuo de tionite ya presentaba una humedad previa del 30.9%, el agua total presente en la pasta se correspondería con el 45.3% del peso total. Posterior

maceración durante 24 horas en condiciones herméticas para favorecer la completa distribución del agua por toda la pasta.

5 - Extrusión mecánica del material húmedo, pelletización en gránulos de unos 9-10 mm de diámetro y secado de éstos durante 24 horas al aire y al menos otras 24 horas en estufa a 105°C hasta secado completo.

10 - Cocción en un horno tubular rotatorio a escala de laboratorio a una velocidad de rotación de 2.5 rpm. Pre calentamiento de los pellets a unos 400-800°C durante 1 min en la zona de entrada del tubo, para evitar su estallido. Tras esto, los pellets se introducen en la zona central del horno rotatorio donde se alcanza la máxima temperatura programada (1230°C). Tras 4 minutos de permanencia en la zona de máxima temperatura, los pellets son reconducidos al exterior, donde se favorece un enfriamiento rápido.

El producto obtenido es un árido ligero artificial fabricado a partir de residuos con las siguientes características principales:

15 -Densidad aparente suelta según UNE-EN-1097-3: 0.91 g/cm³

-Densidad de partícula saturada con superficie seca según UNE-EN-1097-6: 1.76 g/cm³

-Absorción de agua tras 24 horas según UNE-EN-1097-6: 13.1 %

-Resistencia mecánica al aplastamiento del árido individual (Yashima et al., 1987; Li et al., 2000): 3.16 MPa.

20 Ejemplo 2:

- Preparación de una mezcla homogénea inicial consistente en 90% en peso de residuo ácido (pH=2) limoso de tionite en húmedo (con una humedad del 30.9%) + 10 % en peso de polvo de mármol, actuando como neutralizador del pH ácido, alcanzándose un pH=6 tras 24 h de maceración.

25 - Adición de 2.5 % en peso de un residuo orgánico, concretamente alperujo de aceituna molturado a tamaño fino mediante molienda mecánica. Considerando proporciones en seco, la mezcla final presenta por tanto uno porcentajes 84.6% de residuo de tionite + 12.3% de residuo de mármol + 3.1% de alperujo en polvo.

- Adición de 20% de agua para obtener una mezcla plástica. En este caso, considerando

que el residuo de tionite ya presentaba una humedad previa del 30.9%, el agua total presente en la pasta se correspondería con el 50.7% del peso total. Posterior maceración durante 24 horas en condiciones herméticas para favorecer la completa distribución del agua por toda la pasta.

- 5 - Extrusión mecánica del material húmedo, pelletización en gránulos de unos 9-10 mm de diámetro y secado de éstos durante 24 horas al aire y al menos otras 24 horas en estufa a 105°C hasta secado completo.
- Cocción en un horno tubular rotatorio a escala de laboratorio a una velocidad de rotación de 2.5 rpm. Pre calentamiento de los pellets a unos 400-800°C durante 1 min
- 10 en la zona de entrada del tubo, para evitar su estallido. Tras esto, los pellets se introducen en la zona central del horno rotatorio donde se alcanza la máxima temperatura programada (1225°C). Tras 4 minutos de permanencia en la zona de máxima temperatura, los pellets son reconducidos al exterior, donde se favorece un enfriamiento rápido.
- 15 El producto obtenido es un árido ligero artificial fabricado a partir de residuos con las siguientes características principales:
- Densidad aparente suelta según UNE-EN-1097-3: 0.95 g/cm³
 - Densidad de partícula saturada con superficie seca según UNE-EN-1097-6: 1.79 g/cm³
 - Absorción de agua tras 24 horas según UNE-EN-1097-6: 9.8 %
- 20 -Resistencia mecánica al aplastamiento del árido individual (Yashima et al., 1987; Li et al., 2000): 3.64 MPa.

Ejemplo 3:

- Preparación de una mezcla homogénea inicial consistente en 80% en peso de residuo ácido (pH=2) limoso de tionite en húmedo (con una humedad del 30.9%) + 20 % en peso
- 25 de una arcilla natural carbonatada, actuando como neutralizador del pH ácido, alcanzándose un pH=7 tras 7 días de maceración.
- Adición de 2.5 % en peso de un residuo orgánico, concretamente un lodo de la industria del papel molturado a tamaño fino mediante molienda mecánica. Considerando proporciones en seco, la mezcla final presenta por tanto uno porcentajes 70.4% de

residuo de tionite + 26.3% de arcilla rica en carbonatos+ 3.1% de residuo de papel en polvo.

5 - Adición de 20% de agua para obtener una mezcla plástica. Posterior maceración durante 24 horas en condiciones herméticas para favorecer la completa distribución del agua por toda la pasta.

- Extrusión mecánica del material húmedo, pelletización en gránulos de unos 9-10 mm de diámetro y secado de éstos durante 24 horas al aire y al menos otras 24 horas en estufa a 105°C hasta secado completo.

10 - Cocción en un horno tubular rotatorio a escala de laboratorio a una velocidad de rotación de 2.5 rpm. Pre calentamiento de los pellets a unos 400-800°C durante 1 min en la zona de entrada del tubo, para evitar su estallido. Tras esto, los pellets se introducen en la zona central del horno rotatorio donde se alcanza la máxima temperatura programada (1235°C). Tras 4 minutos de permanencia en la zona de máxima temperatura, los pellets son reconducidos al exterior, donde se favorece un
15 enfriamiento rápido.

El producto obtenido es un árido ligero artificial fabricado a partir de residuos con las siguientes características principales:

-Densidad aparente suelta según UNE-EN-1097-3: 0.74 g/cm³

-Densidad de partícula saturada con superficie seca según UNE-EN-1097-6: 1.29 g/cm³

20 -Absorción de agua tras 24 horas según UNE-EN-1097-6: 7.9 %

-Resistencia mecánica al aplastamiento del árido individual (Yashima et al., 1987; Li et al., 2000): 0.93 MPa.

REFERENCIAS:

- CN109437961A - 2019-03-08 DW201922. Concrete lightweight aggregate comprises cast waste ash, clay mineral and titanium dioxide, where cast waste ash comprises calcium oxide, silicon dioxide and iron(III) sulfate. (GUAN-N) GUANGDONG QINGDA
5 TONGKE ENVIRONMENTAL.
- Dondi, M., Guarini, G., Raimondo, M., Zanelli, C., Dalle Fabbriche, D., Agostini, A., 2010. Recycling the insoluble residue from titania slag dissolution (tionite) in clay bricks. *Ceramics International*. 36 (8), 2461-2467. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2010.08.007>
- 10 Fakhfakh, E., Hajjaji, W., Medhioub, M., Rocha, F., López-Galindo, A., Setti, M., Kooli, F., Zargouni, F., Jamoussi, F., 2007. Effects of sand addition on production of lightweight aggregates from Tunisian smectite-rich clayey rocks. *Appl. Clay Sci.* 35, 228–237. doi:10.1016/j.clay.2006.09.006
- Moreno-Maroto, J.M., Uceda-Rodríguez, M., Cobo-Ceacero, C.J., Calero de Hoces, M.,
15 Martín Lara, M.A., Cotes-Palomino, T., López García, A.B., Martínez-García, C., 2019. Recycling of ‘alperujo’ (olive pomace) as a key component in the sintering of lightweight aggregates. *Journal of Cleaner Production*. 239 (118041). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118041>.
- UNE-EN-1097-3, 1999. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas
20 de los áridos. Parte 3: Determinación de la densidad aparente y la porosidad. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR Norma española.
- UNE-EN-1097-6, 2000. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR Norma española.
- 25 Yashima, S., Kanda, Y., Sano, S., 1987. Relationship between particle size and fracture energy or impact velocity required to fracture as estimated from single particle crushing. *Powder Technol.* 51, 277–282.
- Li, Y., Wu, D., Zhang, J., Chang, L., Fang, Z., Shi, Y., 2000. Measurement and statistics of single pellet mechanical strength of differently shaped catalysts. *Powder Technol.* 113
30 (1-2), 176–184. doi: 10.1016/S0032-5910(00)00231-X.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de un árido ligero que comprende las siguientes etapas:

- 5 a) mezclado íntimo vía húmeda de: i) un lodo limoso rico en titanio (30-50 % en peso de Ti) de alta acidez con ii) un componente estabilizador de pH rico en carbonatos, tal que la mezcla resultante presente un pH neutro o aproximadamente neutro (en torno a 6-7) tras un periodo de maceración que puede oscilar entre pocas horas a varios días;
- 10 b) mezclado íntimo de la mezcla resultante de la etapa a) con proporciones menores de iii) un residuo de naturaleza orgánica de granulometría fina que actuará como agente formador de poros;
- c) adición de agua en la mezcla resultante de la etapa b) en proporción adecuada para obtener una pasta maleable;
- d) extrusión y pelletización del material de la etapa c);
- 15 e) secado del material granular pelletizado de la etapa d);
- f) cocción en horno tubular rotatorio del material granular obtenido en e) según la siguiente secuencia: precalentamiento en la primera sección del tubo a una temperatura de unos 400-800°C durante unos 1-10 minutos; sinterización del material granular en la zona central del tubo a unos 1200-1300°C durante 2-30 minutos; enfriamiento rápido del material granular sinterizado, primero en la última sección del tubo, y finalmente en el exterior, hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- 20

2. Procedimiento según la reivindicación 1 caracterizado porque el lodo ácido procedente de la extracción del tionite de la etapa a) representa un 70-90 % en peso respecto a la suma del peso total de la mezcla, el componente estabilizador de pH de la etapa a) representa un 10-30% de la mezcla total y el residuo orgánico de la etapa b) representa el 0.5-5% de la mezcla total.

25

3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el lodo de tionite presenta un pH inferior a 4.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el lodo de tionite presenta como fases mayoritarias especialmente rutilo y óxidos de titanio-magnesio, mientras que la fase minoritaria dominante sería el cuarzo, lo que se traduce en un contenido en titanio del 30-50 % en peso, óxido de silicio de 10-20 %
5 en peso, óxido de hierro de 10-15 % en peso, óxido de azufre de 5-8 % en peso, óxido de aluminio 2-4 % en peso, y otros óxidos en proporciones menores. La pérdida de masa por ignición del lodo ácido de tionite de la presente invención comprendería valores de 10-20 % en peso
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el agente corrector de pH que forma parte de la mezcla de la presente invención, comprende 30-100 % en peso de carbonatos, tales como CaCO_3 , y una pérdida por calcinación del 25-50 % en peso.
10
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los residuos orgánicos que forman parte del árido ligero de la presente invención, comprenden 50-80 % en peso de carbono y una pérdida por calcinación del 95-100 % en peso.
15
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el porcentaje de agua añadido a la mezcla de la etapa c) de la Reivindicación 1 se corresponde a aquel en el cual la pasta obtenida es plástica (de acuerdo a la UNE-
20 EN-103-104-93), correspondiéndose preferentemente entre el 40% y el 60% en peso respecto al peso total de las materias primas.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el tamaño del pellet conformado en la etapa d) de la Reivindicación 1 comprenderá diámetros entre 1 mm y 25 mm, preferentemente 4-10 mm.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, el secado del material granular en la etapa e) de la Reivindicación 1 se lleva a cabo entre 60-120°C, preferentemente a una temperatura de 105°C.
25
10. Árido ligero obtenido por el procedimiento definido en alguna de las reivindicaciones 1 a 9.
11. Árido ligero, caracterizado porque comprende una densidad aparente suelta de 0.7-
30 1.1 g/cm³, una densidad de partícula de 1.5-1.9 g/cm³, una absorción de agua tras 24

horas en remojo de 5-20 % y una resistencia media al aplastamiento del grano individual de 1-5 MPa.

- 5 12. Árido ligero, caracterizado porque se emplean lodos ácidos ricos en titanio, componentes neutralizadores de pH de naturaleza mineral, ya sean residuos o materias primas naturales, y residuos orgánicos en forma de polvo para su fabricación.
13. Uso del árido ligero según cualquiera de las reivindicaciones 10-12 en hormigón ligero, morteros, pavimentos u otros elementos de construcción.
14. Uso del árido ligero según cualquiera de las reivindicaciones 10-12 en aplicaciones geotécnicas y de ingeniería civil.
- 10 15. Uso del árido ligero según cualquiera de las reivindicaciones 10-12 en humedales artificiales, en cultivos o jardinería y otras aplicaciones en ingeniería ambiental como la construcción de tejados verdes.

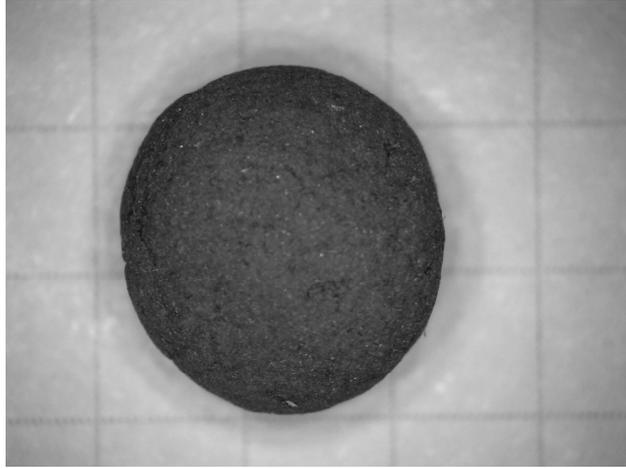


FIGURA 1



FIGURA 2



- ②¹ N.º solicitud: 202030184
②² Fecha de presentación de la solicitud: 04.03.2020
③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤¹ Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	DONDI, M. et al. Recycling the insoluble residue from titania slag dissolution (tionite) in clay bricks. <i>Ceramics International</i> , 12/2010, Vol. 36, N° 8, Páginas 2461-2467 [en línea][recuperado el 29/11/2019]. . Apartado 3.1. Conclusiones.	1-15
A	CN 109437961 A (GUANGDONG QINGDA TONGKE ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNO LTD) 08/03/2019, (resumen)	1-15
A	MORENO-MAROTO, J.M et al. Recycling of 'alperujo' (olive pomace) as a key component in the sintering of lightweight aggregates. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 01/12/2019, Vol. 239 [en línea][recuperado el 29/11/2019]. . Apartado 2.3	1-15

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 n°:

Fecha de realización del informe
28.04.2020

Examinador
B. Aragón Urueña

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

C04B18/04 (2006.01)

C04B18/16 (2006.01)

C04B38/08 (2006.01)

C04B16/00 (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, WPI, XPESP