

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 181**

51 Int. Cl.:

**B28C 5/38** (2006.01)

**C04B 28/14** (2006.01)

**C04B 38/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2011 E 11161718 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.10.2014 EP 2508316**

54 Título: **Método para fabricar productos de yeso**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.01.2015**

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN PLACO SAS (100.0%)**  
**34 Avenue Franklin Roosevelt**  
**92150 Suresnes, FR**

72 Inventor/es:

**JAFFEL, HAMOUDA**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ LÓPEZ-MENCHERO , Álvaro Luis**

ES 2 527 181 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Método para fabricar productos de yeso

5 La presente invención se refiere a un proceso de fabricación y al aparato asociado para producir productos de mortero de yeso para fines de construcción, por ejemplo para la fabricación de placas para tabicar o similares.

10 El yeso es una forma de origen natural del sulfato de calcio, en forma de dihidrato estable ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). El término "yeso", como se usa en el presente documento, significa sulfato de calcio en el estado dihidrato estable e incluye el mineral de origen natural, los equivalentes derivados sintéticamente y el material dihidrato formado por la hidratación de estuco (sulfato de calcio hemihidrato) o anhidrita.

15 Las propiedades del yeso le hacen altamente adecuado para su uso en morteros industriales y para edificación, y otros productos para edificación tal como paneles de yeso. Es un material abundante y generalmente barato que mediante etapas sucesivas de deshidratación y rehidratación puede colarse, moldearse o formarse de otra manera en formas útiles. Por ejemplo, los paneles de yeso; conocidos también como placas para tabicar o pladur, se forman como un núcleo de yeso fraguado intercalado entre láminas de recubrimiento de papel.

20 El yeso generalmente se prepara para su uso como mortero por molienda y calcinación a una temperatura relativamente baja (tal como de aproximadamente 120 a 170 °C), generalmente a presión atmosférica. Esto da como resultado yeso parcialmente deshidratado, típicamente en forma de una forma beta cristalina del hemihidrato, que generalmente tiene una estructura de cristal irregular. El hemihidrato beta puede usarse como un material de edificación o construcción mezclándolo con agua para formar una suspensión acuosa de estuco, pasta o dispersión, y después permitiendo que la suspensión fragüe por cristalización en el medio acuoso.

25 Se sabe cómo usar espuma de la fabricación de tales productos de yeso. Las burbujas generadas por la espuma ayudan a reducir el peso del producto de yeso de manera que el transporte y manipulación del producto es más rentable. El tamaño y distribución de las burbujas tiene influencia sobre las propiedades mecánicas del núcleo de las placas para tabicar producidas.

30 La espuma normalmente se produce utilizando una cantidad de tensioactivo de generación de espuma diluido con agua y después se combina con aire comprimido. Esta espuma después se inyecta en la mezcladora que normalmente es una mezcladora de alta cizalla.

35 Un generador de espuma típico comprende un tubo lleno con un medio poroso permeable, tal como perlas empaquetadas de frita de vidrio o cerámico, con un espacio entre poros controlado. La espuma se produce después inyectando una combinación de un agente de espumación y el aire fluye al tubo. En este caso, la estructura de la espuma producida se controla después optimizando la contrapresión aplicada sobre el tubo. Tales generadores de espuma se conocen como generadores de espuma estáticos. En el documento US 4455271 se describe un generador de espuma estático típico.

45 Otros generadores de espuma comprenden mecanismos de rotación internos para mezclar el agua y el agente de espumación minuciosamente para producir espuma. En algunos casos, la paleta rotatoria puede estar equipada con cámaras de mezcla que permiten la nucleación de las burbujas de espuma. Estas se conocen generalmente como generadores de espuma dinámicos. En el documento US 4057443 se describe un generador de espuma dinámico típico.

50 Sin embargo, la disposición y uso de generadores de espuma dentro de una línea de fabricación de productos de yeso proporciona poco control de la estructura de la espuma y del tamaño de las burbujas que finalmente forman parte de la estructura del producto de yeso, por ejemplo una estructura de placas para tabicar.

55 El documento WO 2005/080294 desvela la idea de producir una suspensión de yeso con un tamaño y distribución de burbujas controladas de la espuma añadida. Sugiere que podría crearse una distribución bimodal separando la descarga de la mezcladora en dos mezcladoras de aire diferentes. Después, estas corrientes de suspensión separadas podrían recombinarse en una única mezcla de suspensión antes de depositarlas sobre el transportador de la línea de producción. El documento WO 2005/080294 se refiere a la idea de usar una suspensión de yeso como el líquido para crear una suspensión espumada. Sugiere que la espuma se proporcione sin la adición de agua que necesariamente procede de la espuma prefabricada. Sin embargo, de nuevo es difícil controlar el tamaño y distribución de las burbujas de espuma dentro de la suspensión y, de esta manera, la distribución y tamaño de los huecos de aire producidos dentro de las placas para tabicar fraguadas.

60 El documento US 5484200 desvela el uso de una primera mezcladora y una segunda mezcladora que funcionan en condiciones de cizalla relativamente baja en comparación con la primera mezcladora. La espuma se introduce en la segunda mezcladora, lo que reduce la distribución no uniforme de aire y, por lo tanto, de huecos en el producto de placas acabadas.

65

El documento WO 03/000620 desvela un método para proporcionar espacios huecos en una composición de yeso añadiendo burbujas de aire a una suspensión de yeso, estando formadas las burbujas de aire por espumación de un primer y un segundo agentes de espumación en agua.

5 La presente invención puede proporcionar un método de acuerdo con la reivindicación 1.

Proporcionando espuma a partir de dos generadores de espuma diferentes para mezclar con yeso y agua en una unidad de mezcla, puede ser posible cambiar ciertas características de las espumas independientemente, para conseguir una combinación de propiedades mejorada en el yeso/agua/suspensión de espuma. El aparato usado en el método de la invención está configurado para permitir que los parámetros físicos del proceso de generación de espuma (por ejemplo, temperatura, flujo de aire y otros parámetros que no están relacionados con la composición química de la espuma) se controlen independientemente para cada uno de los al menos dos generadores de espuma. Además, el aparato puede estar configurado también para permitir el control independiente de ciertos parámetros químicos del proceso de generación de espuma (por ejemplo, cantidad de tensioactivo).

15 El control de los parámetros físicos del proceso de generación de espuma se prefiere para controlar los parámetros químicos del proceso de generación de espuma, porque el control de los parámetros físicos no requiere cambiar la formulación de la espuma (por ejemplo, mediante el uso de aditivos adicionales o cambios en las cantidades relativas de los diferentes constituyentes químicos de la espuma). Además, controlando los parámetros físicos de forma preferente respecto a los parámetros químicos del proceso de generación de espuma, puede ser posible reducir la influencia de la variabilidad del material (por ejemplo, impurezas) sobre el tamaño de burbuja de la espuma.

20 Se proporcionan dos generadores de espuma cada uno de los cuales produce espuma que tiene una fracción de volumen de aire diferente. Esto puede conseguirse, por ejemplo, modificando el caudal de flujo de entrada de aire en uno o ambos generadores de espuma o haciendo funcionar los generadores de espuma a diferentes temperaturas operativas.

30 Por ejemplo, el primero de los dos generadores de espuma puede producir espuma que tiene una densidad entre 100 g/l y 300 g/l, preferentemente entre 200 g/l y 300 g/l. Tal espuma típicamente se conoce como espuma de alta densidad o espuma húmeda. Tal espuma se considera que es relativamente estable, lo que significa que el tamaño y distribución de tamaño de las burbujas de aire dentro de la espuma no cambia o evoluciona significativamente después de que la espuma se haya generado.

35 El segundo de los generadores de espuma puede adaptarse para producir espuma que tiene una densidad entre 20 g/l y 100 g/l, preferentemente entre 30 g/l y 50 g/l. Tal espuma se conoce típicamente como espuma de baja densidad, o espuma seca. Tal espuma se considera que es relativamente inestable, con el resultado de que las burbujas formadas inicialmente dentro de la espuma coalescen fácilmente, de manera que típicamente se consiguen burbujas de gran tamaño. Debido a su baja estabilidad, tal espuma, hasta ahora, se ha considerado inadecuada para mezclarla en una suspensión de yeso, particularmente durante la producción a una escala más industrial que experimental. Además, se ha encontrado que cuando la espuma introducida en la suspensión de yeso consiste enteramente en una espuma inestable de baja densidad, es difícil conseguir un producto de yeso de peso ligero homogéneo.

45 Proporcionando espumas de diferente densidad a la unidad de mezcla, puede ser posible conseguir un control mejorado de la estructura porosa del producto de yeso resultante. Por ejemplo, la mezcla de espuma de baja densidad y alta densidad puede permitir que se introduzcan grandes poros en el producto de yeso final al tiempo que se reducen las desventajas asociadas con la mezcla de solo una espuma inestable de baja densidad en una suspensión de yeso. Eficazmente, el uso de dos espumas diferentes permite que la estabilidad de la espuma de alta densidad se combine con el alto contenido de aire de la espuma de baja densidad, tal como para proporcionar una espuma que pueda mezclarse fácilmente con la suspensión de yeso, mientras introduce un alto nivel de porosidad en el producto de yeso resultante.

55 Adicionalmente, el uso de espumas que tienen diferentes contenidos de aire y densidades puede proporcionar una distribución mejorada del tamaño de burbujas dentro del producto de yeso (por ejemplo, placa para tabicar). En particular, se piensa que una mezcla de burbujas pequeñas (generadas en la espuma de alta densidad) y burbujas grandes (generadas en la espuma de baja densidad) puede dar como resultado una estructura de poro en el producto de yeso en la que los poros más pequeños llenan los huecos dentro de los poros más grandes, permitiendo posiblemente de esta manera que aumente la porosidad total del producto de yeso.

60 De hecho, se considera que la mejora de la red porosa conseguida mediante el uso de espumas de alta densidad y baja densidad puede dar como resultado un rendimiento mecánico mejorado del producto de yeso resultante para una densidad dada del producto de yeso.

65 Típicamente, la espuma de alta densidad y la espuma de baja densidad se añaden a la mezcla de suspensión de yeso en la relación de 1 parte de espuma de alta densidad a 9 partes de espuma de baja densidad, preferentemente

2 partes de espuma de alta densidad a 8 partes de espuma de baja densidad, más preferentemente 3 partes de espuma de alta densidad a 7 partes de espuma de baja densidad.

5 Los dos generadores de espuma pueden ser cada uno generadores de espuma estáticos. Como alternativa, los dos generadores de espuma pueden ser cada uno generadores de espuma dinámicos. Como una alternativa más, uno de los dos generadores de espuma puede ser un generador de espuma estático y el otro generador de espuma puede ser un generador de espuma dinámico.

10 En el caso de que uno o ambos de los dos generadores de espuma sea un generador de espuma dinámico, la modificación del tamaño de las burbujas de aire dentro de la espuma puede conseguirse cambiando la velocidad rotacional de la paleta. Típicamente, la velocidad rotacional de la paleta se mantiene entre 1500 rpm y 3000 rpm. Cuanto mayor sea la velocidad rotacional, más pequeño será el tamaño de burbuja de la espuma.

15 En el caso de que uno o ambos de los dos generadores de espuma sea un generador de espuma estático, la modificación del tamaño de las burbujas de aire dentro de la espuma puede conseguirse cambiando el tamaño de poro y/o la distribución del tamaño de poro dentro del medio poroso permeable, es decir, alterando los parámetros de la red del espacio de poros dentro de por ejemplo la frita de vidrio o el cerámico que proporciona el medio poroso permeable.

20 En el caso de que ambos generadores de espuma sean generadores de espuma dinámicos, los dos generadores de espuma pueden funcionar a diferentes velocidades rotacionales.

25 El tensioactivo usado típicamente es un agente de espumación aniónico convencional usado en las plantas de producción de placas para tabicar, tal como alquil éter sulfato sódico o alquil éter sulfato amónico, que tienen una longitud de cadena de carbonos entre 8 a 12C.

30 El uso de dos o más generadores de espuma permite que la distribución del tamaño de burbujas dentro de un producto de yeso se controle sin necesidad de cambiar la composición del tensioactivo de generación de espuma. Es decir, la estructura de las espumas inyectadas en la mezcladora para formar el producto de yeso puede controlarse sustancial o enteramente por modificación de los parámetros físicos del proceso de generación de espuma.

35 Asimismo, el primero de los dos generadores de espuma puede utilizar una solución de espumación que tiene una mayor concentración de tensioactivo que la solución de espumación utilizada por el segundo de los dos generadores de espuma. Por ejemplo, el primero de los dos generadores de espuma puede usar una concentración de tensioactivo de 0,01 g a 0,1 g por 100 g de estuco, mientras que el segundo de los dos generadores de espuma puede usar una concentración de tensioactivo de 0,005 g a 0,01 g por 100 g de estuco.

40 Preferentemente, la unidad de mezcla comprende una primera mezcladora y una segunda mezcladora, estando situada la segunda mezcladora aguas abajo de la primera mezcladora tal como para recibir la suspensión de yeso producida en la primera mezcladora. Típicamente, la primera mezcladora está dispuesta para recibir la espuma desde el primero de los dos generadores de espuma, mientras que la segunda mezcladora está dispuesta para recibir espuma del segundo de los dos generadores de espuma, produciendo el segundo de los dos generadores de espuma una espuma que tiene una densidad diferente de la espuma producida por el primero de los dos generadores de espuma.

50 Típicamente, en el caso de que se proporcionen las dos mezcladoras, la primera mezcladora aguas arriba funciona a una mayor cizalla que la segunda mezcladora aguas abajo. Típicamente, en este caso, la espuma proporcionada a la mezcladora aguas arriba tiene una mayor densidad que la espuma proporcionada a la mezcladora aguas abajo. Suministrando una espuma inestable de baja densidad solo a la mezcladora aguas abajo que funciona a una menor tasa de cizalla que la mezcladora aguas arriba, puede ser posible reducir el daño a la estructura de la espuma de baja densidad inestable, de manera que las grandes burbujas de la espuma de baja densidad quedan retenidas dentro de la suspensión de yeso, dando como resultado grandes poros en el producto de yeso final.

55 Como alternativa, la espuma producida por cada uno de los dos generadores de espuma puede suministrarse directamente a la segunda mezcladora aguas abajo, sin pasar a través de la primera mezcladora aguas arriba. De nuevo, en este caso, puede ser posible reducir el daño a la espuma inestable de baja densidad, tal como para aumentar la probabilidad de que las grandes burbujas dentro de la espuma de baja densidad permanezcan retenidas.

60 Ciertas características de la presente invención se ilustrarán ahora con referencia a los siguientes dibujos.

#### Breve descripción de los dibujos

65 La Figura 1 es una representación esquemática de un aparato para su uso en el método de la presente invención.

La Figura 2 es una representación esquemática de un aparato adicional para su uso en el método de la presente invención.

5 La Figura 3 es una microfotografía electrónica de barrido de una sección pulida de yeso de una muestra de ensayo del Ejemplo 1.

La Figura 4 es una microfotografía electrónica de barrido de una sección pulida de yeso de una muestra de ensayo del Ejemplo Comparativo 1.

10 La Figura 5 es una microfotografía electrónica de barrido de una sección pulida de yeso de una muestra de ensayo del Ejemplo Comparativo 2.

15 La Figura 6 es una microfotografía electrónica de barrido de una sección pulida de yeso de una muestra de ensayo del Ejemplo Comparativo 3.

La Figura 7 es un gráfico que muestra los resultados del Ejemplo Comparativo 4.

20 La invención se describirá ahora con mayor detalle a modo de ejemplo únicamente, con referencia a los dibujos adjuntos.

En referencia a la Figura 1, un proceso de fabricación de un producto de yeso se muestra generalmente como 10. Los procesos de fabricación de productos de yeso se usan en la fabricación de placas para tabicar incluyendo una mezcladora 12 en la que el polvo de yeso se suministra desde una fuente 14 a través de un conducto 16.

25 Se suministra agua a la mezcladora 12 a través de un conducto adicional 18.

30 Se disponen dos generadores de espuma 20 y 22 de manera que proporcionan dos entradas de espuma diferentes 24, 26 que se combinan antes de alimentarlas a la mezcladora a través de un conducto de alimentación de espuma 28. En la realización mostrada en la Figura 1, los generadores de espuma 20 y 22 y sus conductos de alimentación respectivos 24 y 26 están situados paralelos entre sí.

35 Durante el funcionamiento, se suministra yeso en polvo o mortero de yeso continuamente a través del conducto 16 y se proporciona agua a través de su conducto 18. El agua y el yeso se mezclan minuciosamente juntos. Las espumas producidas por los generadores de espuma 20 y 22 se mezclan juntas a través de sus conductos respectivos 24 y 26 para proporcionar una alimentación 28 de espuma "mixta". La alimentación de espuma mixta 28 se dirige después a la mezcladora 12.

40 Cuando, como es el caso común, se requieren aditivos y otros ingredientes dentro del producto de fabricación de productos de yeso, estos pueden añadirse en cualquier fase a través de entradas proporcionadas especialmente.

45 En referencia a la Figura 2, un proceso de fabricación de placas para tabicar se muestra generalmente como 110. En esta realización de la presente invención se proporcionan dos mezcladoras 112 y 113. Ambas mezcladoras 112 y 113 producen simultáneamente suspensiones de yeso espumado. Sin embargo, la primera mezcladora 112 preferentemente puede ser de una cizalla relativamente alta en comparación con la segunda mezcladora 113. La mezcla de yeso producida por la mezcladora 112 se alimenta a través de un conducto (no mostrado) a la segunda mezcladora 113.

50 Se generan corrientes de espuma paralelas en los generadores de espuma 120 y 122. Las corrientes de espuma se mezclan e inyectan en la segunda (mezcladora de baja cizalla) 113.

La mezcladora de alta cizalla 112 proporciona una suspensión altamente reactiva, mientras que la mezcladora de baja cizalla 113 permite que la espuma se incorpore en la mezcladora a la vez que evita el daño a la estructura de la espuma.

55 Pueden añadirse también otros numerosos aditivos que no se analizan o ilustran en este documento, pero que son aditivos bien conocidos en la técnica, a la mezcladora 12. Tales aditivos pueden incluir retardantes, acelerantes, materiales fibrosos y almidón. Cada uno de ellos debería suministrarse a través de un conducto adecuado en una fase designada del proceso de mezcla.

## 60 **Ejemplo 1**

Se prepararon muestras para medición de la resistencia a extracción de clavos y resistencia a la compresión con la siguiente composición:

Tabla 1

<b>Componente</b>	<b>Peso (php, por 100 partes de estuco)</b>
Estuco (sulfato de calcio hemihidrato)	100
Almidón	0,5
Retardante	0,004
Agua total (incluyendo agua de la espuma)	75
Espuma	Véase la Tabla 2

Prefabricación de espuma:

- 5 - El agente de espumación se diluye en agua para formar una solución de espumación (es decir, a 0,1/pp para 100 partes de estuco). Se usó STEOL DES32 de Stepan®, (activo al 32 %).
- El flujo de la solución de espumación y el flujo de aire se dividen en dos fracciones cada una de las cuales se alimenta a un generador de espuma respectivo (generador de espuma 1 y generador de espuma 2). Ambos generadores de espuma son generadores de espuma dinámicos.
- 10 - Las espumas producidas a partir del generador de espuma 1 y el generador de espuma 2 se combinan para formar una espuma final. Las espumas se combinan en las proporciones de fracción en volumen del 30 %-70 % para el generador de espuma 1 y el generador de espuma 2, respectivamente.
- Las propiedades de las espumas producidas a partir del generador de espuma 1 y el generador de espuma 2, así como la espuma final, se exponen en la Tabla 2.

15

Tabla 2

Generador de Espuma 1				Generador de Espuma 2				Espuma Final					
%	Flujo de aire (l/min)	Flujo de solución de tensioactivo (l/min)	Densidad de espuma (g/l)	$\emptyset_{\text{aire}}$	%	Flujo de aire (l/min)	Flujo de solución de tensioactivo (l/min)	Densidad de espuma (g/l)	$\emptyset_{\text{aire}}$	Aire total (l/min)	Flujo de solución de tensioactivo total (l/min)	Densidad de espuma total (g/l)	$\emptyset_{\text{aire}}$
30	0,5	0,15	231,7	0,77	70	1,5	0,05	33	0,97	2,00	0,20	92,0	0,91

Preparación de la suspensión de mortero:

- Pesar el estuco y los componentes secos (es decir, 1000 g).
- Combinar en seco el estuco y los componentes secos entre sí.
- 5 - Pesar la cantidad requerida de agua (es decir, 650 g). La temperatura del agua debería ser de aproximadamente 40 °C.
- El agua de proceso se pone en una mezcladora comercial de 4 l Waring™ equipada con un controlador de velocidad eléctrico.
- El polvo seco se vierte después en la mezcladora durante un periodo de 30 s.
- 10 - Se espera 30 segundos más para que el estuco se humedezca.
- A los 60 s, iniciar la mezcla a 15000 rpm durante 10 s.

Preparación de la muestra:

- 15 - La mezcladora se detiene y empieza a añadirse la cantidad requerida de espuma a la suspensión inicial (es decir, 100 g).
- La mezcla de la espuma con la suspensión inicial podría realizarse suavemente usando una espátula o usando la mezcladora al nivel de velocidad más bajo (es decir, aproximadamente 6700 rpm) durante 10 s.
- 20 - La suspensión se vierte después en los siguientes moldes:
  - a) muestras de mini placa (es decir, 150 mm x 150 mm x 12,5 mm); una envoltura de cartón para paneles para medición de la resistencia a la extracción de clavos.
  - b) muestras de cilindro (es decir Ø: 23 mm x 50 mm) para la medición de la resistencia a la compresión.
- 25 - La muestra se mantiene después para fraguar en los moldes descritos, se seca en un horno ventilado a una alta temperatura inicial y después a una baja temperatura final hasta que se seca.
- La muestra se acondiciona a 40 °C durante 24 horas, se pesa y se somete a un ensayo de compresión y a un ensayo de extracción de clavos. El ensayo de extracción de clavos se realizó de acuerdo con ASTM C473 (método B: velocidad constante de la cruceta).
- 30

**Ejemplo comparativo 1**

Las muestras para la medición de la resistencia a extracción de clavos y la resistencia a la compresión se prepararon usando los mismos métodos que para el Ejemplo 1, con la excepción de que la prefabricación de espuma se realizó como se detalla a continuación.

Prefabricación de espuma:

- 40 - El agente de espumación se diluye en agua para formar una solución de espumación (es decir, a 0,1/pp para 100 partes de estuco). Se usó STEOL DES32 de Stepan® (activo al 32 %).
- El flujo de la solución de espumación y el flujo de aire se hacen pasar a través del generador de espuma 1 (un generador de espuma dinámico) usando los parámetros proporcionados en la Tabla 3.

**Tabla 3**

Generador de espuma 1			
Flujo de aire (l/min)	Flujo de solución de tensioactivo (l/min)	Densidad de espuma (g/l)	Ø <sub>aire</sub>
2,0	0,60	231,7	0,77

45

**Ejemplo comparativo 2**

Las muestras para la medición de la resistencia a la extracción de clavos y la resistencia a la compresión se prepararon usando los mismos métodos que para el Ejemplo 1, con la excepción de que la prefabricación de espuma se realizó como se detalla a continuación.

50

Prefabricación de espuma:

- 55 - El agente de espumación se diluye en agua para formar una solución de espumación (es decir, a 0,1/pp para 100 partes de estuco). Se usó STEOL DES32 de Stepan® (activo al 32 %).
- El flujo de solución de espumación y el flujo de aire se hacen pasar a través del generador de espuma 2 (un generador de espuma dinámico) usando los parámetros proporcionados en la Tabla 4.

**Tabla 4**

<b>Generador de espuma 2</b>			
Flujo de aire (l/min)	Flujo de solución de tensioactivo (l/min)	Densidad de espuma (g/l)	$\varnothing_{\text{aire}}$
2,0	0,067	33	0,97

**Ejemplo comparativo 3**

5 Las muestras para la medición de la resistencia a la extracción de clavos y la resistencia a la compresión se prepararon usando los mismos métodos que para el Ejemplo 1, con la excepción de que la prefabricación de espuma se realizó como se detalla a continuación.

Prefabricación de espuma:

- 10
- El agente de espumación se diluye en agua para formar una solución de espumación (es decir, a 0,1/pp para 100 partes de estuco). Se usó STEOL DES32 de Stepan® (activo al 32 %).
  - El flujo de solución de espumación y el flujo de aire se inyectan en un primer generador de espuma (generador de espuma 1). La espuma producida se reinyecta después en un segundo generador de espuma (generador de espuma 2) para producir la espuma de referencia. De esta manera, la solución se hace pasar a través del generador de espuma 1 y el generador de espuma 2, en serie. Tanto el generador de espuma 1 como el generador de espuma 2 son generadores de espuma dinámicos.
  - Los parámetros usados en la generación de espuma se dan en la Tabla 5.
- 15

**Tabla 5**

<b>Generador de espuma 1</b>					<b>Generador de espuma 2</b>				
%	Flujo de Aire (l/min)	Flujo de solución de tensioactivo (l/min)	Densidad de espuma (g/l)	$\varnothing_{\text{aire}}$	%	Flujo de Aire (l/min)	Flujo de solución de tensioactivo (l/min)	Densidad de espuma (g/l)	$\varnothing_{\text{aire}}$
100	2,0	0,20	92,0	0,91	0	X	X	92	0,91

**Resultados: ensayo mecánico**

25 Las propiedades mecánicas del Ejemplo 1 y los Ejemplos Comparativos 1-3 se exponen en la Tabla 6, para una densidad de núcleo seco equivalente de 650 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 6**

	<b>Tensión pico normalizada para el ensayo de compresión (MPa)</b>	<b>Carga de pico normalizada para el ensayo de extracción de clavos (lbf) (1 lbf=4,45 N)</b>
Ejemplo 1	153 %	118 %
Ejemplo comparativo 1	100 %	94 %
Ejemplo comparativo 2	116 %	114 %
Ejemplo comparativo 3	100 %	100 %

**Resultados: microfotografía**

30 Las Figuras 4 y 5 son microfotografías de barrido electrónico de la sección pulida de los Ejemplos comparativos 1 y 2, respectivamente. La comparación de la Figura 4 y la Figura 5 muestra los tamaños de poro significativamente más grandes que se forman cuando la espuma se produce usando el generador de espuma 2, en lugar del generador de espuma 1.

**Ejemplo comparativo 4**

40 Se prepararon muestras de acuerdo con el método del Ejemplo comparativo 1 (es decir, usando el método de prefabricación de espuma detallado en el Ejemplo Comparativo 1 y la preparación de suspensión de mortero y los métodos de preparación de muestra del Ejemplo 1). La velocidad rotacional de la mezcladora se varió durante la etapa de mezclado de la espuma con la suspensión inicial.

La Figura 7 muestra la distribución del tamaño de poro de cuatro muestras de yeso preparadas usando este método, como como una función de la velocidad rotacional de la mezcladora.

5 La Curva 1 muestra la distribución del tamaño de poro de una muestra preparada usando una velocidad de mezcladora rotacional de 6700 rpm (revoluciones por minuto).

La Curva 2 muestra la distribución del tamaño de poro de una muestra preparada usando una velocidad de mezcladora rotacional de 8700 rpm (revoluciones por minuto).

10 La Curva 3 muestra la distribución del tamaño de poro de una muestra preparada usando una velocidad de mezcladora rotacional de 10400 rpm (revoluciones por minuto).

15 La Curva 4 muestra la distribución del tamaño de poro de una muestra preparada usando una velocidad de mezcladora rotacional de 12000 rpm (revoluciones por minuto).

20 El gráfico de distribución del tamaño de poro mostrado en la Tabla 7 se obtuvo por relaxometría de RMN-<sup>1</sup>H sobre muestras de yeso poroso totalmente resaturadas con agua. Los detalles técnicos relacionados con esta técnica analítica y su idoneidad para la caracterización de estructuras porosas basadas en yeso se describen en las siguientes referencias académicas [Jaffel, H, et al, J. Phys. Chem. B. 2006, 110(14), 7385-7391; Sing. K. M. et al., J. Mat. Science, 2009, 44(18), 5004-5012]. Los resultados presentados se obtuvieron usando la transformada de Laplace inversa de una reducción de relajación transversal de RMN adquirida usando una secuencia pulsada de CPMG convencional.

25 A partir de estos resultados, puede verse que una mezcladora de mayor velocidad da como resultado un tamaño de poro más pequeño del producto de yeso final y un menor Factor de Eficacia de la Espuma, como se expone en la Tabla 7.

**Tabla 7**

<b>Velocidad de la mezcladora (rpm)</b>	<b>Factor de Eficacia de la Espuma (%)</b>
12000	37
10400	48
8700	88
6700	98

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de producción de un producto de yeso en el que el yeso calcinado se mezcla con agua; en el que se introducen al menos dos alimentaciones de espuma diferentes en la mezcla de yeso y agua  
5 simultáneamente, comprendiendo la primera alimentación de espuma una distribución del tamaño de burbuja diferente en comparación con la segunda alimentación de espuma, en el que la primera alimentación de espuma se genera en un primer generador de espuma (20, 120) usando un primer proceso de generación de espuma y la segunda alimentación de espuma se genera en un segundo generador de espuma (22, 122) usando un segundo  
10 proceso de generación de espuma, controlándose al menos un parámetro físico del primer proceso de generación de espuma independientemente del segundo proceso de generación de espuma;  
y adicionalmente en el que el tensioactivo de generación de espuma usado en el primer proceso de generación de espuma tiene la misma composición que el tensioactivo de generación de espuma usado en el segundo proceso de generación de espuma.
- 15 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el al menos un parámetro físico es la temperatura de generación de espuma.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el al menos un parámetro físico es el caudal de entrada de  
20 aire.
4. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos una de las alimentaciones de espuma se genera en un generador de espuma dinámico y el al menos un parámetro físico es la velocidad de rotación del generador de espuma dinámico.
- 25 5. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos una de las alimentaciones de espuma se genera en un generador de espuma estático, incluyendo el generador de espuma estático incluye un medio de relleno poroso, siendo el al menos un parámetro físico el tamaño de poro del medio de relleno poroso.
- 30 6. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer proceso de generación de espuma usa una solución de espumación que tiene una mayor concentración de tensioactivo que la solución de espumación que se utiliza en el segundo proceso de generación de espuma.
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el método comprende yeso calcinado que se mezcla con agua en dos mezcladoras, comprendiendo las mezcladoras una primera mezcladora y una segunda mezcladora  
35 situada aguas abajo de la primera mezcladora, de manera que recibe la suspensión de yeso producida en la primera mezcladora, recibiendo la primera mezcladora la primera alimentación de espuma y recibiendo la segunda mezcladora la segunda alimentación de espuma.
8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la primera alimentación de espuma comprende burbujas más  
40 pequeñas que la segunda alimentación de espuma.

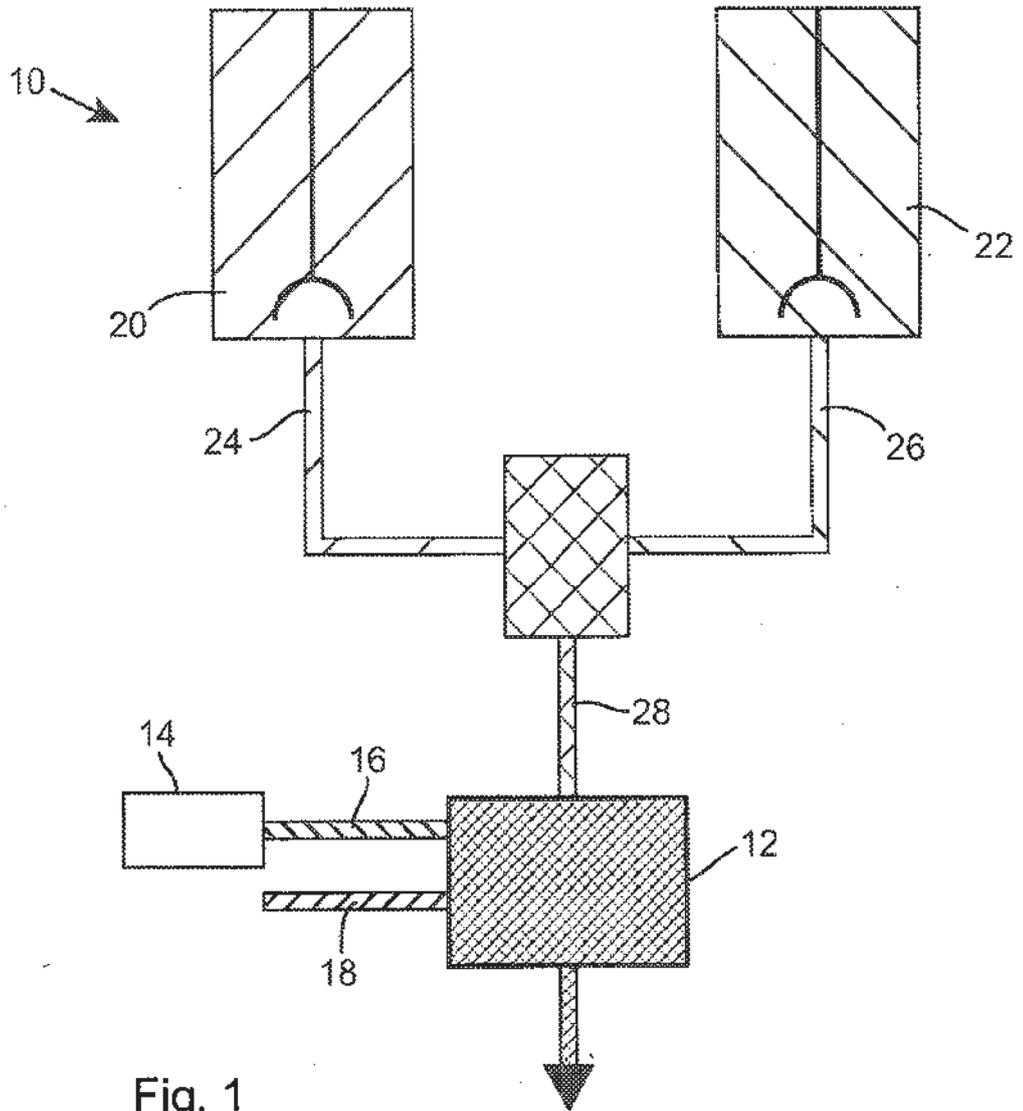


Fig. 1

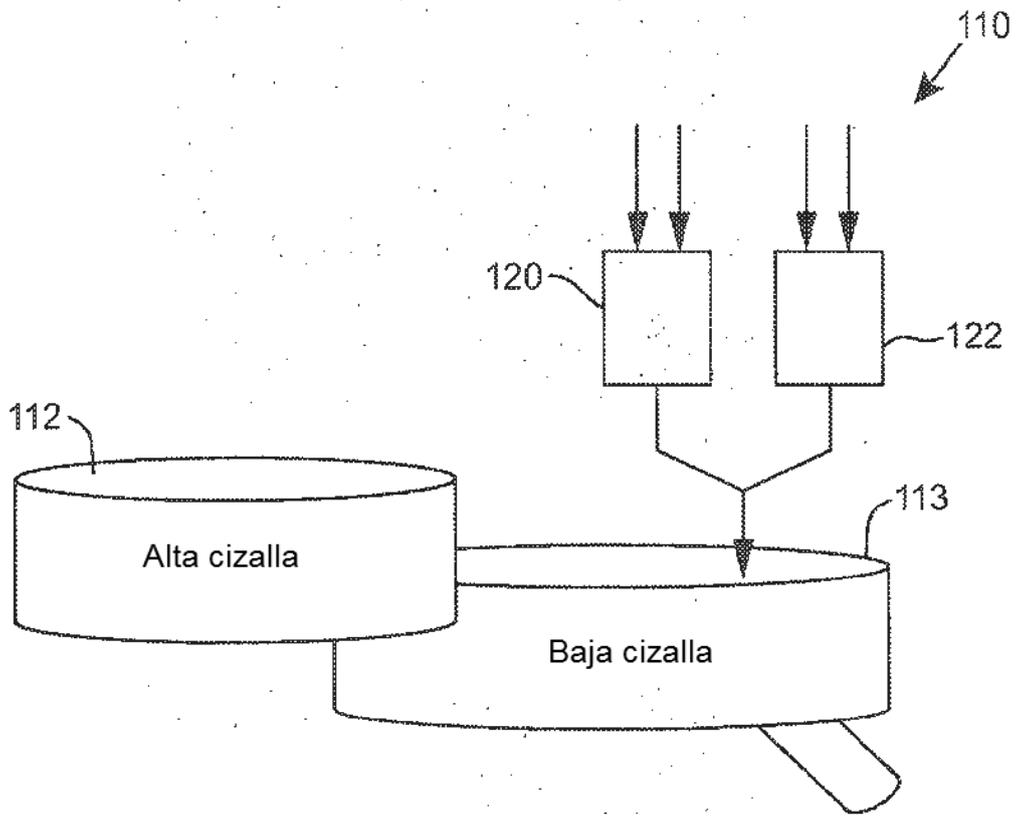


Fig. 2

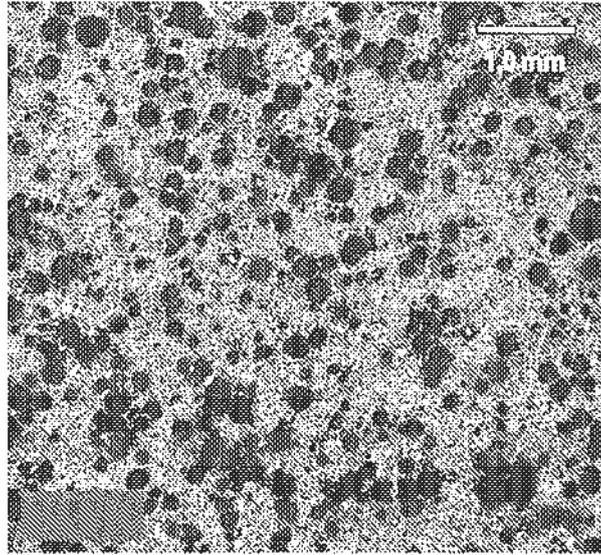


Fig. 3

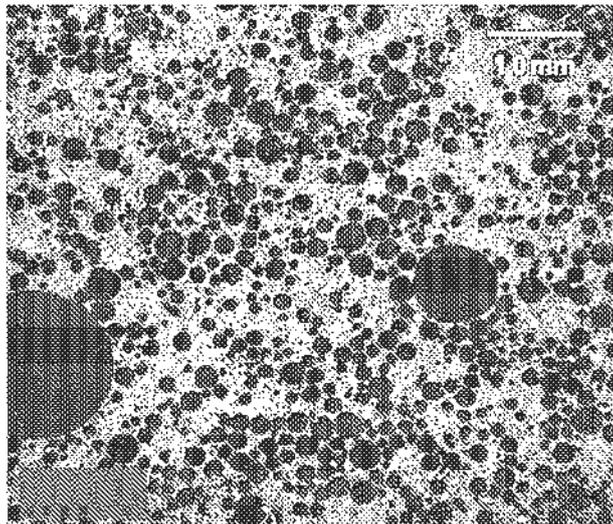


Fig. 4

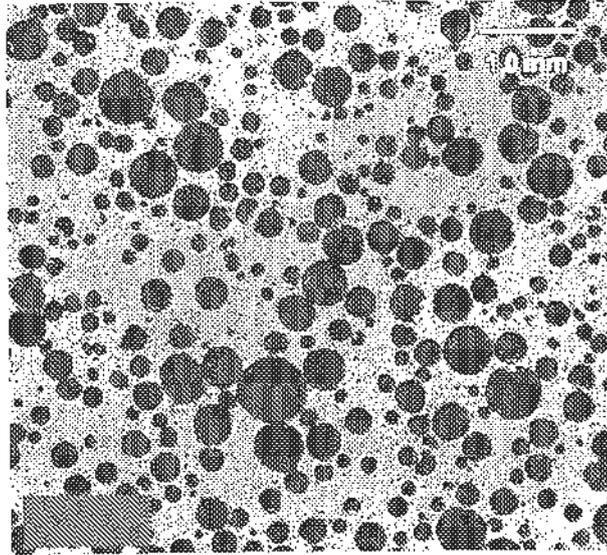


Fig. 5

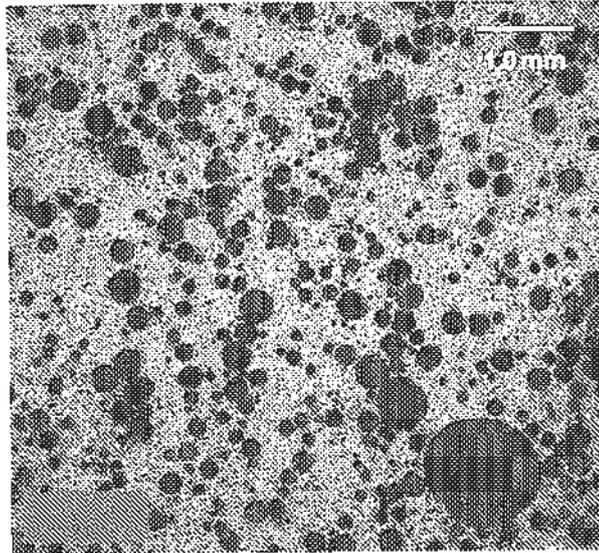


Fig. 6

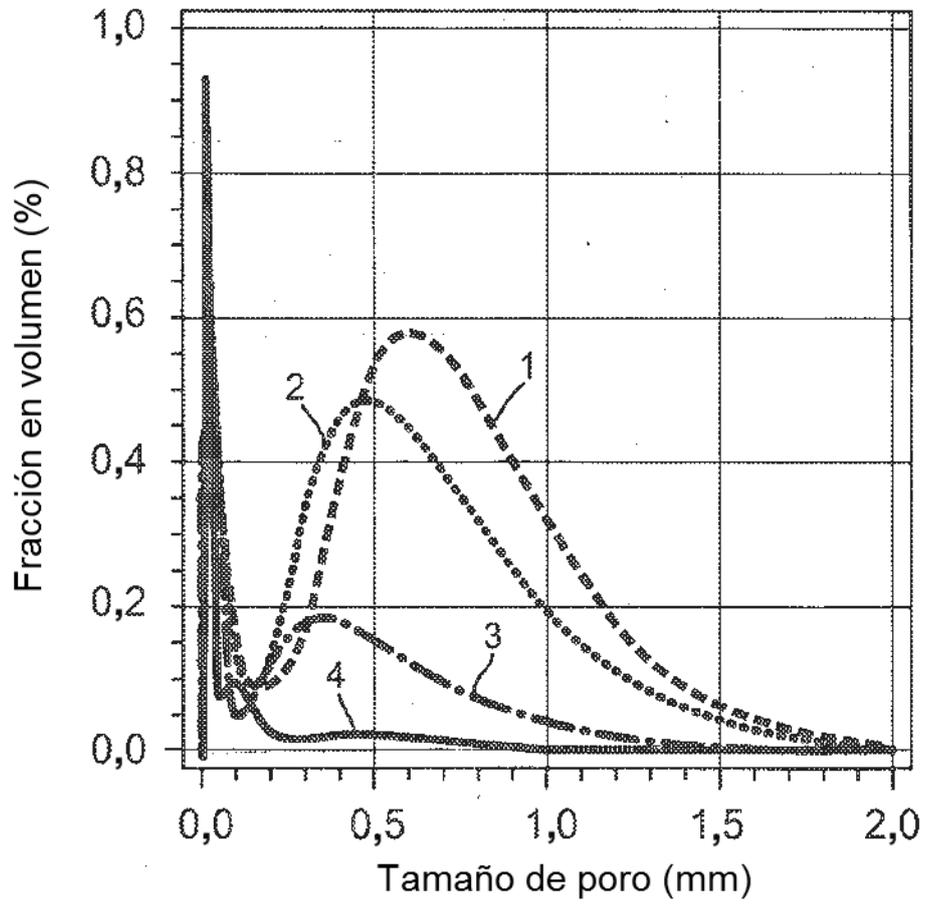


Fig. 7