

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 456**

51 Int. Cl.:

**B28B 1/14** (2006.01)

**B28B 7/42** (2006.01)

**B28B 11/24** (2006.01)

**C04B 28/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.04.2020 PCT/CA2020/050466**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.10.2020 WO20206540**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2020 E 20788618 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2025 EP 3953124**

54 Título: **Producción de productos de hormigón a base de escoria colado en húmedo**

30 Prioridad:

**12.04.2019 US 201962832956 P**

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

**22.04.2025**

73 Titular/es:

**CARBICRETE INC. (100.00%)  
1730 55th Avenue  
Montréal, QC H8T 3J5, CA**

72 Inventor/es:

**MAHOUTIAN, MEHRDAD**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 3 014 456 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

Producción de productos de hormigón a base de escoria colado en húmedo

### 5 **Campo técnico**

La presente descripción se refiere a un método para producir un producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo, particularmente cuando el producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo se fragua parcial o completamente dentro de un molde, se acondiciona previamente fuera del molde y luego se cura con dióxido de carbono en una cámara de curado. El producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo se refuerza opcionalmente.

### **Antecedentes de la invención**

15 La escoria metalúrgica es un material de desecho abundante que generalmente se vierte en vertedero. La escoria metalúrgica puede actuar como material aglutinante en condiciones apropiadas. Se requiere encontrar nuevos usos para la escoria metalúrgica, incluyendo escoria de acero.

20 El documento US2017/073270 A1 da a conocer un método para producir un hormigón a base de escoria que comprende mezclar escoria de acero, carga y agua, compactar la mezcla moldeada y curar el bloque formado con CO<sub>2</sub>.

### **Sumario**

25 El desarrollo de productos de hormigón, que están opcionalmente reforzados, y hechos de una escoria metalúrgica como aglutinante principal y dióxido de carbono con el método de colada en húmedo se explica en el presente documento.

30 Según un aspecto, se proporciona un método para producir un producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo que comprende las etapas de: proporcionar una composición para un hormigón de asentamiento distinto de cero, comprendiendo la composición un aglutinante a base de escoria, un agregado y agua; mezclar el aglutinante a base de escoria, comprendiendo el agregado y el agua para producir el hormigón de asentamiento distinto de cero una primera relación de agua con respecto a aglutinante en peso mayor que 0,2; colar el hormigón de asentamiento distinto de cero mediante la transferencia del hormigón de asentamiento distinto de cero al interior de un molde; fraguar el hormigón de asentamiento distinto de cero parcial o totalmente dentro del molde para producir un producto intermedio a base de escoria que comprende una segunda relación de agua con respecto a aglutinante en peso que es menor que la primera relación de agua con respecto a aglutinante en peso; desmoldar el producto intermedio a base de escoria para producir un producto intermedio desmoldado; acondicionar previamente el producto intermedio desmoldado para producir un producto intermedio a base de escoria acondicionado desmoldado que comprende una tercera relación de agua con respecto a aglutinante en peso que es menor que la primera relación de agua con respecto a aglutinante en peso y que también es menor que la segunda relación de agua con respecto a aglutinante en peso; y curar el producto intermedio a base de escoria acondicionado desmoldado con dióxido de carbono para activar el producto intermedio a base de escoria acondicionado y producir el producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo, en el que la etapa de colada de la composición de hormigón de asentamiento distinto de cero es sin prensado/compactación.

50 Según otro aspecto, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el aglutinante a base de escoria es una escoria libre de o mezclada con al menos otro aglutinante seleccionado del grupo que consiste además en cenizas volantes, esquisto calcinado, humo de sílice, zeolita, escoria de GGBF (granulada de alto horno), polvo de piedra caliza, cementos hidráulicos y cementos no hidráulicos.

55 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que la escoria se selecciona del grupo que consiste en una escoria de acero, una escoria de acero inoxidable, un lodo de convertidor de oxígeno básico, lodo de alto horno, un producto secundario de industrias de zinc, hierro, cobre y combinaciones de los mismos.

Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, que comprende además una etapa de refuerzo para colocar un material de refuerzo en el interior del molde antes de la etapa de colada.

60 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el material de refuerzo es barras de refuerzo de acero al carbono, acero inoxidable y/o polímero reforzado con fibra (FRP).

Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que un contenido acumulado de silicato de calcio de la escoria es al menos el 20 % en peso.

65 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el acondicionamiento

previo aumenta la porosidad de al menos el 1 % del volumen del hormigón a base de escoria colado en húmedo.

Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el hormigón de asentamiento distinto de cero tiene un valor de asentamiento en un intervalo de 5 mm a 250 mm.

5 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el hormigón de asentamiento distinto de cero tiene una prueba de factor de compactación para el hormigón fresco que debe alcanzar un valor en el intervalo de 0,7 a 1,0.

10 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que la escoria de acero se selecciona del grupo que consiste en escoria de acero reductora, escoria de acero oxidante, escoria de acero de convertidor, escoria de horno de arco eléctrico (escoria de EAF), escoria de horno de oxígeno básica (escoria de BOF), escoria de cuchara, escoria de acero de enfriamiento rápido y escoria de acero de enfriamiento lento y combinaciones de las mismas.

15 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el hormigón a base de escoria colado en húmedo se procesa adicionalmente para dar un producto seleccionado del grupo que consiste en tuberías, cajones pluviales, productos de drenaje, losas de pavimento, losas de suelo, barreras de tráfico, pozos de inspección de pared, pared de retención, adoquines, baldosas, y tejas de hormigón reforzado y no reforzado colado previamente.

20 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el hormigón a base de escoria colado en húmedo comprende un contenido de escoria de al menos el 5 % en peso.

25 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el hormigón de asentamiento distinto de cero comprende además al menos un acelerador, retardante, agente modificador de viscosidad, agente incorporador de aire, agente de formación de espuma, inhibidor de ASR (reacción de álcali-sílice), agente antilavado, inhibidor de corrosión, reductor de contracción, reductor de grietas de hormigón, plastificante, superplastificante, sellante, pintura, recubrimiento, reductor de agua, repelente de agua, control de eflorescencia, polvo de polímero, látex polimérico y retenedor de trabajabilidad.

30 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el hormigón de asentamiento distinto de cero comprende además al menos una fibra de celulosa, fibra de vidrio, microfibras sintéticas, fibra natural, fibra de polipropileno (PP), fibra de poli(alcohol vinílico) (PVA) y fibra de acero.

35 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el curado con CO<sub>2</sub> está libre de fuentes externas adicionales de calor/energía.

40 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el producto intermedio a base de escoria acondicionado desmoldado se cura en una cámara/espacio cerrado/recipiente/sala con un gas que contiene una concentración de CO<sub>2</sub> de al menos el 5 % en volumen.

45 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que en la producción de 1 m<sup>3</sup> del producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo, la primera relación de agua con respecto a aglutinante del hormigón de asentamiento distinto de cero fue 0,45 con un tiempo para el fraguado del hormigón de asentamiento distinto de cero de 18 horas.

50 Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que la producción de 1 m<sup>3</sup> del producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo comenzó con una masa de 350 kg o 480 kg de la escoria.

Según otro aspecto más, se proporciona el método descrito en el presente documento, en el que el desmoldado se produce cuando el producto intermedio desmoldado tiene una resistencia a la compresión de al menos 0,01 MPa.

## 55 Descripción de los dibujos

Ahora se hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

60 La figura 1 es un diagrama de bloques de proceso que ilustra un método para producir un producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo según una realización descrito en el presente documento;

la figura 2 es una representación esquemática de las etapas de colada y curado con CO<sub>2</sub> según una realización descrita en el presente documento.

## 65 Descripción detallada

Tradicionalmente, se usa cemento Portland recién sinterizado como aglutinante en la producción de hormigón, y los productos de hormigón colado previamente a base de cemento colado en húmedo se curan comúnmente con calor y vapor. Por el contrario, la presente innovación del hormigón a base de escoria colado en húmedo usa productos secundarios de plantas metalúrgicas y, en una realización preferida, las fábricas de fabricación de acero como aglutinante principal para reemplazar el cemento Portland en la producción de productos de hormigón y colados previamente. Además, se usa dióxido de carbono como activador para curar el hormigón y se secuestra en el proceso. En una realización preferida, no se necesita calor o vapor adicional durante el proceso de curado con CO<sub>2</sub>. Los productos de hormigón a base de escoria colado en húmedo propuestos, que están opcionalmente reforzados, pueden mostrar propiedades mecánicas y de durabilidad iguales o superiores en comparación con los productos colados previamente a base de cemento tradicionales, mientras que su producción reduciría las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. La innovación propuesta también reduciría el consumo de recursos naturales, tanto al no usar cemento convencional en los productos de hormigón a base de escoria como al necesitar cantidades más bajas de contenido de agregado en los productos de hormigón a base de escoria. Finalmente, la producción de productos de hormigón a base de escoria colado en húmedo, opcionalmente reforzado, según la innovación propuesta puede aumentar la tasa de producción en las instalaciones de fabricación de hormigón colado previamente.

#### Materiales

El aglutinante principal en la producción de hormigón a base de escoria colado en húmedo 56 es una escoria 11 que en una realización preferida deriva de la producción de acero o acero inoxidable. Otros materiales derivados de la producción de zinc, hierro y cobre también pueden considerarse como la escoria 11.

Se pueden recoger varias escorias 11 de fábricas de acero que ponen en práctica diferentes métodos de producción de acero. Entre los tipos de escoria 11 que pueden incorporarse como el aglutinante principal en la producción de hormigón a base de escoria colado en húmedo descritos en el presente documento están: escoria de acero inoxidable, escoria de acero reductora, escoria de acero oxidante, escoria de acero de convertidor, escoria de horno de arco eléctrico (escoria EAF), escoria de horno de oxígeno básica (escoria de BOF), escoria de cuchara, escoria de acero de enfriamiento rápido, escoria de acero de enfriamiento lento, lodo de convertidor de oxígeno básico, lodo de alto horno y combinaciones de los mismos.

El contenido de óxido de calcio en peso de la escoria 11 en una realización preferida es mayor que el 10 %, preferiblemente mayor que el 15 %, preferiblemente mayor que el 20 %. El contenido de óxido de sílice en peso en una realización preferida es mayor que el 6 %, preferiblemente mayor que el 8 %, preferiblemente mayor que el 12 %. El contenido total de óxido de hierro de escoria en una realización preferida es menor que el 40 %, preferiblemente menor que el 30 %. La escoria de acero 11 en una realización preferida tiene un contenido acumulado de silicato de calcio de al menos el 20 % y una concentración de cal libre de menor que el 15 %, y preferiblemente menor que el 7 % de escoria. La densidad a granel de la escoria 11 en una realización preferida tiene un intervalo de 1,0 a 2,0 g/cm<sup>3</sup> y una densidad aparente pueden variar de desde 2,0 hasta 6,0 g/cm<sup>3</sup>.

La escoria 11 puede triturarse a un tamaño menor (si es necesario) antes de incorporarse a la mezcla de hormigón a base de escoria colado en húmedo descrita en el presente documento. La trituración de la escoria 11 se puede realizar con cualquier máquina mecánica tal como un molino de bolas, molino de barras, molino autógeno, molino SAG, molino de guijarros, rodillos de molienda de alta presión, VSI o molino de torre. El proceso de molienda se puede ejecutar o bien en húmedo o bien en seco. Si bien se prefiere un proceso de reducción de tamaño seco, si se elige el proceso en húmedo para moler la escoria, la escoria molida puede secarse o bien completamente o bien semisecarse después de la molienda. Hacer pasar la escoria a través de un clasificador(es) es una opción alternativa para obtener escoria 11 con un tamaño de partícula/grano más pequeño. Los clasificadores utilizados son conocidos en la técnica e incluyen, pero no se limitan a: tamices; centrifugadores y ciclones.

Las escorias molidas o clasificadas 11 en una realización preferida pasan a través de una malla de n.º 10 (2000 micrómetros), preferiblemente una malla de n.º 50 (297 micrómetros), preferiblemente una malla de n.º 200 (74 micrómetros), preferiblemente una malla de n.º 400 (37 micrómetros), cada una de las cuales se puede usar sola o en combinación con al menos otro aglutinante 13. Se pueden utilizar tamices para tamizar las escorias o bien después o bien antes de la molienda. Por lo tanto, se puede ejecutar uno o una combinación de métodos de molienda y tamizado para obtener escoria 11 con una distribución de tamaño de partícula adecuada.

La escoria 11 puede pulverizarse y/o tamizarse hasta una finura de Blaine de al menos 50 m<sup>2</sup>/kg y preferiblemente, 150 m<sup>2</sup>/kg, y preferiblemente al menos 200 m<sup>2</sup>/kg. En una realización preferida, la escoria 11 en hormigón húmedo a base de escoria, el cincuenta por ciento de la escoria es menor de 200 micrómetros (D50 = 200 μm), preferiblemente menor de 150 micrómetros (D50=150 μm), preferiblemente menor de 100 micrómetros (D50=100 μm), preferiblemente menor de 50 micrómetros (D50=50 μm), preferiblemente menor de 25 micrómetros (D50=25 μm), preferiblemente menor de 10 micrómetros (D50=10 μm).

El contenido de cal libre de la escoria 11 puede reducirse con cualquier método conocido estándar en la técnica anterior antes de que se incorpore a la mezcla. Alternativamente, la escoria puede envejecerse primero para reducir su contenido de óxido de calcio libre (cal libre) y luego incorporarse a la mezcla. El contenido de escoria 11 del

## ES 3 014 456 T3

hormigón a base de escoria colado en húmedo no debe ser menor que el 5 % del peso del hormigón, preferiblemente no menor que el 20 % del peso del hormigón a base de escoria colado en húmedo o la composición de hormigón de asentamiento distinto de cero.

5 Los aglutinantes a base de escoria 14 pueden comprender además: una sola escoria (es decir, una escoria que está libre de otro aglutinante) o ser una combinación de escoria con al menos otro aglutinante 13, tales como materiales cementosos/materiales puzolánicos. Como ejemplo, la escoria 11 se puede mezclar con al menos otro aglutinante 13 produciendo un aglutinante a base de escoria 14 que comprende además: cenizas volantes, esquistos calcinados, humo de sílice, zeolita, escoria GGBF (granulada de alto horno), polvo de piedra caliza, cementos hidráulicos, cementos no hidráulicos y combinaciones de los mismos.

15 Se pueden incorporar varios tipos de agregados 15, incluyendo el peso normal natural o artificial y agregados ligeros, en el producto de hormigón húmedo a base de escoria como relleno en la producción de producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo. Ejemplos de posibles agregados ligeros incluyen agregados ligeros naturales (por ejemplo, piedra pómez), agregado de arcilla expandida, agregado de esquistos expandidos y agregado de escoria de hierro expandido. Otros agregados utilizables incluyen: piedra triturada, arena fabricada, grava, arena, agregado reciclado, granito, piedra caliza, cuarzo, polvo de tiza, polvo de mármol, arena de cuarzo y agregado artificial. Estos agregados se incorporan a la mezcla como agregados finos y/o gruesos. El contenido de agregado puede ser tan alto como el 90 % del peso del hormigón a base de escoria colado en húmedo o la composición de hormigón de asentamiento distinto de cero.

25 El hormigón húmedo a base de escoria 56 propuesto es un hormigón trabajable. Se debe añadir suficiente agua al ingrediente seco para producir un hormigón húmedo (en contraste con el hormigón de asentamiento nulo). El contenido de agua requerido depende del tamaño de grano de la escoria elegida como el aglutinante principal y del contenido de humedad de los agregados y el contenido de aglutinante. Las escorias molidas más finas absorben más agua, por lo que se requeriría un contenido de agua más alto para producir hormigón húmedo. Relación de agua con respecto a aglutinante, en masa, puede ser 0,9, preferiblemente 0,8, preferiblemente 0,7, preferiblemente 0,6, preferiblemente 0,5, preferiblemente 0,4, preferiblemente 0,3, o preferiblemente 0,2. Por ejemplo, para el aglutinante que consiste en solo escoria con D50 de 25 micrómetros, la relación de agua con respecto a aglutinante de 0,4 puede dar como resultado un hormigón húmedo trabajable. Puede darse el caso de que no se requiera agua adicional en la mezcla si los agregados están muy húmedos.

35 Los aditivos químicos 17 se pueden introducir en la mezcla si es necesario. Los aditivos químicos 17 cuando se introducen en la mezcla satisfacen propiedades específicas. Los posibles aditivos químicos 17 incluyen, pero no se limitan a: aceleradores, retardantes, agentes modificadores de viscosidad, agentes incorporadores de aire, agentes de formación de espuma, inhibidores de ASR (reacción de álcali-sílice), agente antilavado, inhibidores de corrosión, reductores de contracción, reductores de grietas, plastificantes, superplastificantes, reductores de agua, repelentes de agua, controles de eflorescencia y retenedores de trabajabilidad.

40 Se pueden agregar fibras si es necesario al hormigón húmedo a base de escoria. Se pueden incorporar una o una combinación de fibra celulósica, fibra de vidrio, microfibras sintéticas, microfibras sintéticas, fibras naturales, fibras de PP, fibras de PVA y fibras de acero en la mezcla.

45 El "hormigón de asentamiento nulo" se define como un hormigón rígido o de consistencia extremadamente seca que no muestra asentamiento medible después de la retirada del cono de asentamiento. Una prueba de asentamiento a modo de ejemplo estándar es ASTM C143, para hormigón de cemento hidráulico. Un hormigón de asentamiento distinto de cero 16 es un hormigón que no es rígido ni tiene una consistencia extremadamente seca que muestre un asentamiento medible después de retirar el cono de asentamiento mediante una prueba tal como ASTM C143. Los valores de asentamiento en el presente documento se evalúan usando el método descrito en la norma ASTM C143.

50 El método 1 de producción de un hormigón a base de escoria colado en húmedo 56 puede adaptarse para producir una variedad de productos que incluyen, pero no se limitan a, tuberías, cajones pluviales, productos de drenaje, losas de pavimentado, losas de suelo, barreras de tráfico, paredes, pozos de inspección de hormigón reforzado colados previamente, adoquines (planos), paredes de retención, baldosas y tejas de hormigón no reforzado colados previamente. Los productos deben satisfacer las normas y códigos locales y nacionales.

55 Con referencia a la figura 1, se proporciona una realización de un método 10 para producir un hormigón a base de escoria colado en húmedo 56.

60 (i) Producción de hormigón a base de escoria colado en húmedo 56.

65 El método 1 del hormigón a base de escoria colado en húmedo 56 comienza proporcionando una composición de un hormigón de asentamiento distinto de cero 16 y mezclando uniformemente 10 todos los ingredientes de una composición que incluyen, pero no se limitan a: una escoria 11 y un al menos otro aglutinante 13 opcional (que proporciona un aglutinante a base de escoria 14), un agregado 15, aditivos químicos 17, fibras 19 y agua 5. La relación de agua con respecto a aglutinante del hormigón a base de escoria colado en húmedo 56 usado en esta innovación

5 debe ser mayor que el contenido de agua del hormigón de asentamiento nulo o de colado en seco. En una realización preferida, el hormigón de asentamiento distinto de cero mezclado 16 tiene una primera relación de agua con respecto a aglutinante en peso mayor que 0,2, preferiblemente 0,25, preferiblemente 0,3, preferiblemente 0,35, preferiblemente 0,4, preferiblemente 0,45, preferiblemente 0,5, preferiblemente 0,55, preferiblemente 0,6 o preferiblemente 0,65. Los términos “relación de agua con respecto a aglutinante a base de escoria en peso” y “relación de agua con respecto a aglutinante en peso” son equivalentes.

10 El hormigón de asentamiento distinto de cero 16 tendrá preferiblemente un intervalo de asentamiento de 5 a 250 mm. El hormigón de asentamiento distinto de cero 16 es preferiblemente trabajable durante al menos 5 minutos. El mezclado 10 debe garantizar que el hormigón de asentamiento distinto de cero 16 esté libre de signos de segregación o sangrado. La prueba de factor de compactación para el hormigón de asentamiento distinto de cero 16 en una realización preferida está en un intervalo de 0,7 a 1,0. La temperatura del hormigón de asentamiento distinto de cero 16 antes de la colada es preferiblemente de 0 °C a 30 °C. El hormigón de asentamiento distinto de cero fresco 16 en una realización preferida tiene un contenido de vacío de aire medido por cualquier método convencional (una prueba estandarizada a modo de ejemplo es ASTM C231 para el contenido de aire de hormigón recién mezclado por el método de presión) no debe exceder el 15 % del volumen de hormigón. La prueba de factor de compactación se describe en las normas BS 1881-103:1993 y BS EN 12350-4:2009 (BS EN 12350-4:2009, Prueba de hormigón fresco Parte 4: Grado de compatibilidad). El hormigón de asentamiento distinto de cero 16 mezclado apropiadamente está ahora listo para la transferencia a la colada.

20 (ii) Refuerzo

25 En una realización preferida antes de colar el hormigón de asentamiento distinto de cero 16, se prepara el molde y material de refuerzo tal como, barras de refuerzo de acero al carbono, acero inoxidable y/o FRP se colocan dentro del molde, si es necesario. El diámetro de las barras puede variar de desde 5 mm hasta 60 mm con un límite elástico en el intervalo de 100 MPa a 2100 MPa. Los refuerzos se diseñarán según los códigos y normas.

(iii) Colada 20, colocación y fraguado

30 El hormigón de asentamiento distinto de cero recién preparado 16 se transfiere por medios apropiados y se cuela en un molde preparado con cualquier método conocido en las técnicas anteriores. El molde puede estar hecho de acero, hierro, aluminio, plástico, FRP u otro material. El molde debe lubricarse previamente antes de la colada para facilitar el proceso de desmoldado 30. El hormigón colado en húmedo o el producto intermedio a base de escoria 26 se consolida dentro del molde mediante elementos de vibración internos o externos durante no más de 120 segundos. El hormigón colado en húmedo o el producto intermedio a base de escoria 26 no es necesario que se preense o se compacte dentro del molde. Es decir, el proceso está libre de preensarse o compactarse. El producto intermedio a base de escoria 26 se deja fraguar parcial o totalmente dentro del molde con una pérdida de agua 32.

40 El molde se mantiene a temperatura y humedad ambiente, permitiendo que el agua libre 32 se evapore gradualmente, y permite la hidratación parcial o total y el fraguado del aglutinante. La velocidad de evaporación depende de la temperatura, humedad relativa, contenido de agua inicial de la mezcla de hormigón de asentamiento distinto de cero 16, el área superficial del producto y el flujo de aire si el molde está expuesto al viento. La hidratación y la velocidad de fraguado dependen de los ingredientes y la composición química del aglutinante a base de escoria 14.

45 Además de la evaporación natural, en una realización preferida, se puede usar uno o una combinación de evaporación y/o calentamiento 31 con elementos de calentamiento o calentadores de tambor o esteras de calentamiento de suelo o ventiladores o calentadores o sopladores o calentadores de ventilador para acelerar la velocidad de evaporación. Los elementos/alambres de calentamiento o esteras de calentamiento de suelo o calentadores de tambor se instalan para cubrir las superficies exteriores del molde. Los elementos calientan las paredes del molde y finalmente aumentan el proceso de evaporación para reducir el contenido de humedad de hormigón. Ventiladores, calentadores, calentadores de ventilador y sopladores, se colocan mejor orientados hacia la superficie libre del producto intermedio a base de escoria 26, que puede ser su superficie superior. Estas etapas de colada 30 pueden continuar hasta que la relación inicial de agua con respecto a aglutinante se reduzca en hasta un 90 %, preferiblemente un 80 %, preferiblemente un 70 %, preferiblemente un 60 %, preferiblemente un 50 %, preferiblemente un 40 %, preferiblemente un 30 %, preferiblemente un 20 %, preferiblemente un 10 % o preferiblemente un 2 %. El aumento de la porosidad definida en términos de volumen creado dentro del producto intermedio desmoldado 36 por cualquiera de los métodos de colada 30 anteriores en hormigón es del 70 %, preferiblemente el 60 %, preferiblemente el 50 %, preferiblemente el 40 %, preferiblemente el 30 %, preferiblemente el 20 %, preferiblemente el 10 %, preferiblemente el 5 % o preferiblemente el 1 % del volumen de hormigón. El producto intermedio a base de escoria 26 finalmente alcanza una segunda relación de agua con respecto a aglutinante en peso que es menor que la primera relación de agua con respecto a aglutinante en peso del hormigón de asentamiento distinto de cero 16.

65 Tras el desmoldado 30 se produce un producto intermedio desmoldado 36. El producto intermedio a base de escoria 26 puede fraguarse dentro del molde durante al menos 2 horas, pero hasta 7 días antes del desmoldado. El desmoldado puede realizarse en una realización preferida cuando la resistencia a la compresión del hormigón es al menos 0,01 MPa como resultado del proceso de hidratación/fraguado.

(iv) Acondicionamiento previo 40

La etapa del proceso de acondicionamiento previo 40 reduce el contenido de agua (el producto intermedio a base de escoria 26 ahora) del producto intermedio desmoldado 36 incluso más a una tercera relación de agua con respecto a aglutinante en peso antes del curado con CO<sub>2</sub> 50. El producto intermedio desmoldado 36 se mantiene a temperatura y humedad ambiente, permitiendo que el agua libre 42 se evapore gradualmente. La velocidad de evaporación del producto intermedio desmoldado 36 depende de la temperatura, humedad relativa, su contenido de agua inicial, el área superficial del producto y el flujo de aire si el molde está expuesto al viento. La etapa de acondicionamiento previo del producto intermedio desmoldado 36 se puede llevar a cabo en una sala sellada, cámara de espacio cerrado o recipiente.

Además de la evaporación natural, en una realización preferida, se puede usar uno o una combinación de evaporación y/o calentamiento 41 con elementos de calentamiento o calentadores de tambor o esteras de calentamiento de suelo o ventiladores o calentadores o sopladores o calentadores de ventilador para acelerar la velocidad de evaporación. Los elementos/alambres de calentamiento o esteras de calentamiento de suelo o calentadores de tambor se instalan para cubrir las superficies exteriores del producto intermedio desmoldado 36. Los elementos calientan las paredes del producto intermedio desmoldado 36 y finalmente aumentan el proceso de evaporación para reducir el contenido de humedad del hormigón. Ventiladores, calentadores, calentadores de ventilador y sopladores, se colocan mejor orientados hacia la superficie libre del producto intermedio desmoldado 36, que puede ser su superficie superior. Estas etapas de acondicionamiento previo 40 pueden continuar hasta que el contenido inicial de agua con respecto a aglutinante se reduzca en hasta un 90 %, preferiblemente un 80 %, preferiblemente un 70 %, preferiblemente un 60 %, preferiblemente un 50 %, preferiblemente un 40 %, preferiblemente un 30 %, preferiblemente un 20 %, preferiblemente un 10 % o preferiblemente un 2 %. El aumento de la porosidad definida en términos de volumen creado dentro del producto intermedio desmoldado 36 por cualquiera de los métodos de acondicionamiento previo 40 anteriores en hormigón es del 70 %, preferiblemente el 60 %, preferiblemente el 50 %, preferiblemente el 40 %, preferiblemente el 30 %, preferiblemente el 20 %, preferiblemente el 10 %, preferiblemente el 5 % o preferiblemente el 1 % del volumen de hormigón. El acondicionamiento previo 40 produce un producto intermedio a base de escoria acondicionado desmoldado 46 con una tercera relación de agua con respecto a aglutinante en peso. La tercera relación de agua con respecto a aglutinante en peso es menor que la primera relación de agua con respecto a aglutinante en peso (del hormigón de asentamiento distinto de cero 16) y también es menor que la segunda relación de agua con respecto a aglutinante en peso (del producto intermedio a base de escoria 26).

Al final del proceso de acondicionamiento previo 40, el agua restante en el hormigón no debe caer por debajo del 5 % del contenido de agua inicial en masa.

(v) Activación\curado con CO<sub>2</sub> 50

Los productos intermedios a base de escoria acondicionados desmoldados opcionalmente reforzados formados 46 se colocan luego en una sala sellada, cámara o recipiente. Se introduce gas dióxido de carbono 51 para curar el producto intermedio a base de escoria acondicionado desmoldado 46 (al 5 %, preferiblemente el 10 %, preferiblemente el 20 %, preferiblemente el 30 %, preferiblemente el 40 %, preferiblemente el 50 %, preferiblemente el 60 %, preferiblemente el 70 %, preferiblemente el 80 %, preferiblemente el 90 %, o preferiblemente el 99,5 % de pureza) en el área cerrada, que puede ser una cámara/espacio cerrado/recipiente/sala a temperatura ambiente. La presión manométrica de la cámara/espacio cerrado/recipiente/sala aumentará gradualmente a un intervalo de 0,1 psi a 100 psi.

En una alternativa preferida a la cámara de curado, los productos intermedios a base de escoria acondicionados desmoldados 46 pueden cubrirse y sellarse con materiales textiles herméticos. El CO<sub>2</sub> 51 se introduce luego en el espacio creado por estos materiales textiles.

Los productos intermedios a base de escoria acondicionados desmoldados 46 se mantienen presurizados bajo gas de CO<sub>2</sub> 51 durante no menos de 5 minutos, aunque el proceso de curado con CO<sub>2</sub> 50 puede continuar durante hasta 48 horas, donde una realización preferida es de 8 horas para el curado con CO<sub>2</sub> 50. La temperatura interna de la cámara/espacio cerrado/recipiente/sala aumentará gradualmente en al menos 0,1 °C antes de que disminuya como resultado de una reacción de curado acelerado exotérmica (el "proceso de activación con CO<sub>2</sub>"). Al final del proceso de activación, se ventila el CO<sub>2</sub> restante, si lo hubiera.

Los siguientes son ejemplos preferidos para 1 metro cúbico (m<sup>3</sup>) del hormigón a base de escoria colado en húmedo 56 descrito en el presente documento que tiene las siguientes propiedades de hormigón de asentamiento distinto de cero:

Contenido de escoria = 600 kg, Una primera relación agua/aglutinante = 0,35; Tiempo de fraguado = 18 horas.

Contenido de escoria = 600 kg; Una primera relación agua/aglutinante = 0,55; Tiempo de fraguado = 24 horas.

Contenido de escoria = 350 kg; Una primera relación agua/aglutinante = 0,45; Tiempo de fraguado = 18 horas.

## ES 3 014 456 T3

Contenido de escoria = 400 kg; cemento = 100 kg; Una primera relación agua/aglutinante = 0,4; Tiempo de fraguado = 12 horas.

5 Contenido de escoria = 480 kg; Una primera relación agua/aglutinante = 0,45; Tiempo de fraguado = 18 horas.

Contenido de escoria = 650 kg; Una primera relación agua/aglutinante = 0,45; Tiempo de fraguado = 24 horas.

10 Contenido de escoria = 700 kg; Una primera relación agua/aglutinante = 0,45; Tiempo de fraguado = 24 horas.

El presente método no se limita a las composiciones operables/preferidas presentadas anteriormente. Además, si aditivos de reducción de agua (es decir, aditivos químicos 17) se incluyen en el hormigón de asentamiento distinto de cero 16, puede requerirse un contenido de agua más bajo (relación de agua con respecto a aglutinante más baja).

15 La figura 2 representa esquemáticamente la etapa de colada 20 del hormigón de asentamiento distinto de cero mezclado 16, en un molde apropiado donde se produce al menos un fraguado parcial. Las etapas de desmoldado 30 y acondicionamiento previo 40 están representadas por una flecha y el curado con CO<sub>2</sub> 50 del producto intermedio a base de escoria acondicionado desmoldado 46 se produce en una realización preferida en una cámara de curado con CO<sub>2</sub>. En una realización preferida, el acondicionamiento previo 40 del producto intermedio desmoldado 36 también puede ocurrir en la cámara de curado con aire en lugar de usar CO<sub>2</sub>, luego seguido por el curado con CO<sub>2</sub> 50.

20 La descripción anterior se pretende que sea solo a modo de ejemplo, y un experto en la técnica reconocerá que se pueden hacer cambios en las realizaciones descritas sin apartarse de las invenciones descritas. Aún otras modificaciones que caen dentro del alcance de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica, a la luz de una revisión de esta divulgación y tales modificaciones están destinadas a caer dentro de las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo que comprende las etapas de:
- 5 proporcionar un aglutinante a base de escoria, un agregado y agua;
- mezclar el aglutinante a base de escoria, el agregado y el agua para producir una composición de hormigón de asentamiento distinto de cero que comprende una primera relación de agua con respecto a aglutinante a base de escoria en peso mayor que 0,2;
- 10 colar la composición de hormigón de asentamiento distinto de cero transfiriendo la composición de hormigón de asentamiento distinto de cero al interior de un molde;
- 15 fraguar la composición de hormigón de asentamiento distinto de cero dentro del molde para producir un producto intermedio a base de escoria que comprende una segunda relación de agua con respecto a aglutinante a base de escoria en peso que es menor que la primera relación de agua con respecto a aglutinante a base de escoria en peso;
- 20 desmoldar el producto intermedio a base de escoria para producir un producto intermedio desmoldado;
- acondicionar previamente el producto intermedio desmoldado para producir un producto intermedio a base de escoria acondicionado previamente desmoldado que comprende una tercera relación de agua con respecto a aglutinante a base de escoria en peso que es menor que la primera relación de agua con respecto a aglutinante a base de escoria en peso y que también es menor que la segunda relación de agua con respecto a aglutinante a base de escoria en peso; y
- 25 curar el producto intermedio a base de escoria acondicionado previamente desmoldado con dióxido de carbono para producir el producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo,
- 30 en el que
- la etapa de colada de la composición de hormigón de asentamiento distinto de cero está libre de prensado/compactación.
- 35
2. El método según la reivindicación 1, en el que el aglutinante a base de escoria es una escoria libre de o mezclada con al menos otro aglutinante seleccionado del grupo que consiste en cenizas volantes, esquistos calcinados, humo de sílice, zeolita, polvo de piedra caliza, cementos hidráulicos y cementos no hidráulicos, y opcionalmente en el que la escoria se selecciona del grupo que consiste en una escoria de acero, una escoria de acero inoxidable, un lodo de convertidor de oxígeno básico, lodo de alto horno, un producto secundario de producción de zinc, hierro, o cobre y combinaciones de los mismos.
- 40
3. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una etapa de refuerzo para colocar un material de refuerzo en el interior del molde antes de la etapa de colada, y opcionalmente en el que el material de refuerzo es barras de refuerzo de acero al carbono, acero inoxidable y/o FRP.
- 45
4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un contenido acumulado de silicato de calcio de la escoria es al menos el 20 % en peso.
- 50
5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de acondicionamiento previo se realiza para proporcionar una porosidad aumentada de al menos el 1 % del volumen del hormigón a base de escoria colado en húmedo.
- 55
6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición de hormigón de asentamiento distinto de cero tiene un valor de asentamiento en un intervalo de 5 mm a 250 mm según se evalúa usando el método descrito en la norma ASTM C143.
- 60
7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición de hormigón de asentamiento distinto de cero tiene una prueba de factor de compactación para el hormigón fresco en el intervalo de 0,7 a 1,0, medido según las normas BS 1881-103:1993 y BS EN 12350-4:2009.
- 65
8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aglutinante a base de escoria es escoria de acero seleccionada del grupo que consiste en escoria de acero reductora, escoria de acero oxidante, escoria de acero de convertidor, escoria de horno de arco eléctrico (EAF), escoria de horno de oxígeno básica (BOF), escoria de cuchara, escoria de acero de enfriamiento rápido y escoria de acero de

## ES 3 014 456 T3

enfriamiento lento y combinaciones de las mismas.

- 5 9. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto de hormigón a base de escoria colado en húmedo se selecciona del grupo que consiste en tuberías, cajones pluviales, productos de drenaje, losas de pavimento, losas de suelo, barreras de tráfico, pozos de inspección de pared, pared de retención, adoquines, baldosas, y tejas de hormigón reforzado y no reforzado colado previamente.
- 10 10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el hormigón a base de escoria colado en húmedo comprende un contenido de escoria de al menos el 5 % en peso.
- 15 11. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición de hormigón de asentamiento distinto de cero comprende además al menos uno de: acelerador, retardante, agente modificador de viscosidad, agente incorporador de aire, agente de formación de espuma, inhibidor de ASR (reacción de álcali-sílice), agente antilavado, inhibidor de corrosión, reductor de contracción, reductor de grietas de hormigón, plastificante, superplastificante, sellante, pintura, recubrimiento, reductor de agua, repelente de agua, control de eflorescencia, polvo de polímero, látex polimérico, retenedor de trabajabilidad, fibra de celulosa, fibra de vidrio, microfibra sintética, fibra natural, fibra de PP, fibra de PVA y fibra de acero.
- 20 12. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el curado con CO<sub>2</sub> está libre de fuentes externas adicionales de calor y/o energía.
- 25 13. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de curado es en una cámara/espacio cerrado/recipiente/sala con un gas que contiene una concentración de CO<sub>2</sub> de al menos el 5 % en volumen.
14. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de desmoldado se realiza cuando el producto intermedio desmoldado tiene una resistencia a la compresión de al menos 0,01 MPa.

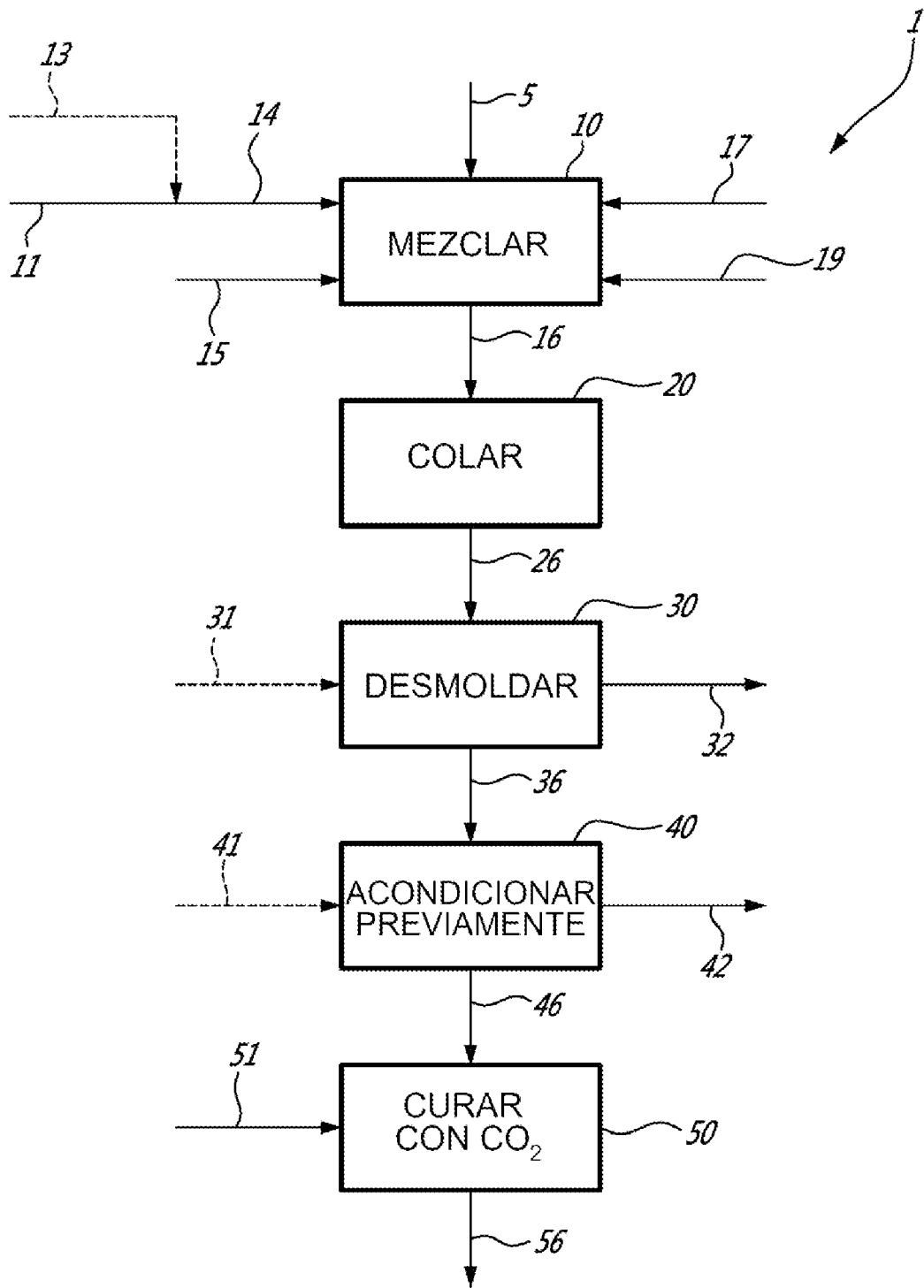
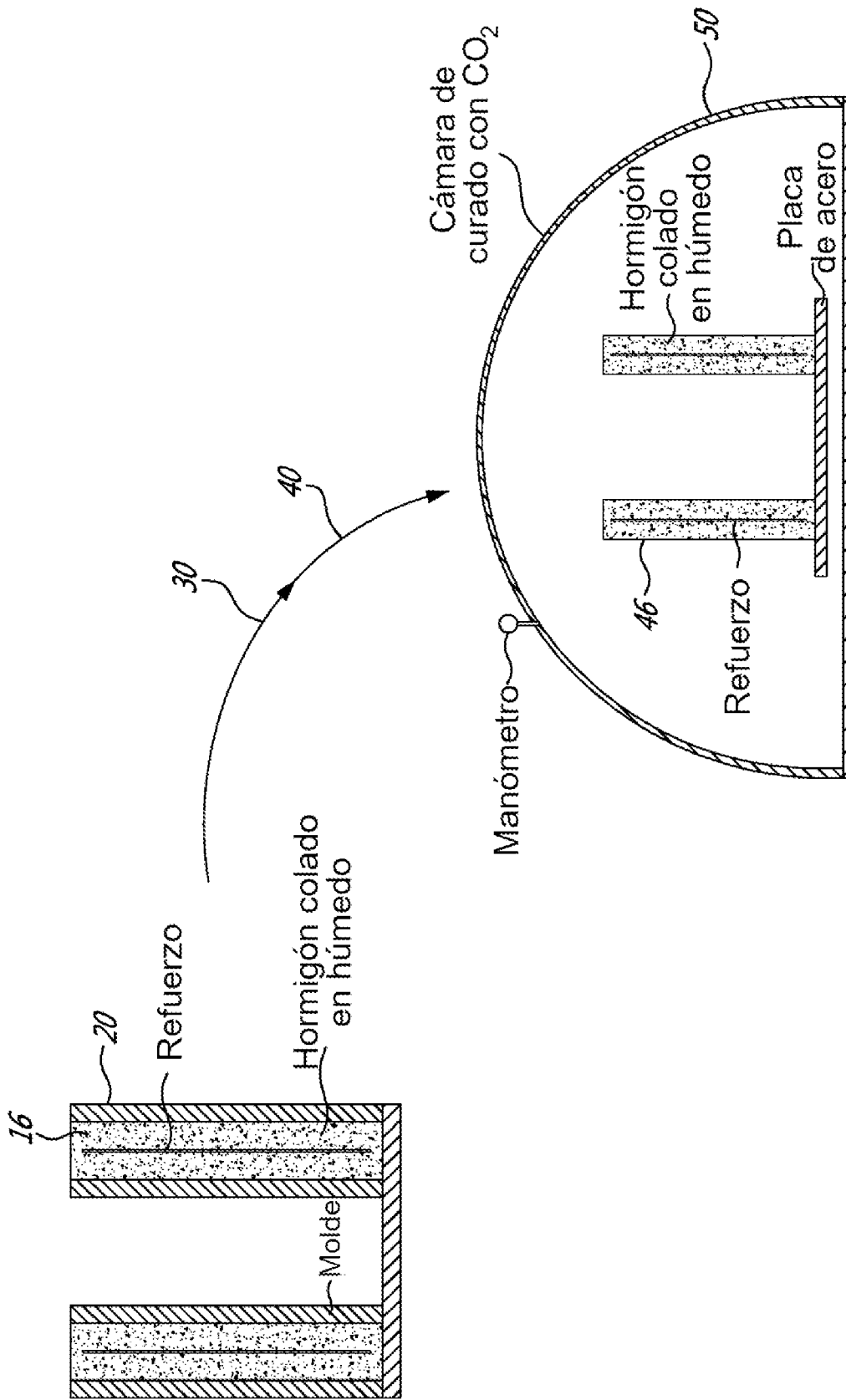


Fig. 1



**FIG. 2**