

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 868**

51 Int. Cl.:

F17C 1/00 (2006.01)

F17C 13/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.11.2022** **E 22446502 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024** **EP 4227573**

54 Título: **Depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos**

30 Prioridad:

14.02.2022 SE 2250143

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.04.2025

73 Titular/es:

**H2HIVE AB (100.00%)
c/o Marcus Billström Passvägen 4
131 33 Nacka, SE**

72 Inventor/es:

**GUSTAFSSON, MIKAEL;
AXELSSON, GARY y
BERGMAN, JONAS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 3 014 868 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

Depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos

5 **CAMPO TÉCNICO**

La presente descripción se refiere a un método de preparación de un depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos, por ejemplo, para almacenar hidrógeno presurizado (H₂).

10 **ANTECEDENTES**

El hidrógeno tiene un alto nivel de energía almacenada en relación con su masa y está libre de carbono. Debido a estas y otras atractivas propiedades, se prevé que el hidrógeno se utilice mucho más en el futuro. Para usar hidrógeno a gran escala se necesita una infraestructura de producción, transporte y depósito. Una forma de almacenar gas bajo tierra se conoce a partir del documento EP 2832666 A1.

SUMARIO

20 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método mejorado para proporcionar un depósito de fluidos, por ejemplo, para gas hidrógeno a presión, pero cualquier otro compuesto o mezcla de compuestos en forma de líquido y/o gas puede almacenarse utilizando una realización adecuada del depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos de la presente invención.

25 Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un método de preparación/construcción de un depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos. El método comprende perforar un pozo en una masa rocosa, por ejemplo, verticalmente o en ángulo agudo con respecto a un eje vertical con un extremo superior en una superficie/roca madre de la masa rocosa. El método comprende también insertar longitudinalmente, por ejemplo concéntricamente, un tubo estanco a fluidos en el pozo, comprendiendo el tubo una pared lateral en forma de cilindro circular recto con un diámetro exterior que es inferior al diámetro del pozo, una caperuza de extremo inferior fijada a un extremo inferior de la pared lateral (por ejemplo, dispuesta para apoyarse en la parte inferior del pozo directamente o mediante un bastidor rígido) y una caperuza de extremo superior fijada a un extremo superior de la pared lateral. El método comprende también, a través de la tubería (que comprende normalmente una válvula que abre/permite el flujo o cierra/evita el flujo en la tubería) a través de la caperuza de extremo superior, presurizar el tubo estanco a fluidos hasta una presión superior a un umbral predeterminado, de modo que la pared lateral se deforme hasta quedar presionada contra una superficie interior del pozo a lo largo de una extensión longitudinal de la pared lateral, formando un revestimiento estanco a fluidos del pozo. El revestimiento, junto con la caperuza de extremo inferior y la caperuza de extremo superior, forma el depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos en el pozo.

40 Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos preparado por una realización del método de la presente descripción.

45 Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos que comprende un revestimiento estanco a fluidos de un orificio de perforación en una masa rocosa, una caperuza de extremo inferior fijada a un extremo inferior del revestimiento, una caperuza de extremo superior fijada a un extremo superior del revestimiento, y tuberías a través de la caperuza de extremo superior. El revestimiento está formado por una envoltura cilíndrica circular recta deformada, introducida longitudinalmente en el pozo y deformada mediante sobrepresión aplicada a través de la tubería.

50 Al deformar el material de la pared lateral para que se apoye contra la roca en la superficie interior del pozo, se puede reducir el espesor de la pared lateral, ya que no tiene que soportar por sí sola la presión del fluido almacenado. Tampoco es necesario encapsular el depósito (por ejemplo, en cemento). En su lugar, el tubo (que tiene un diámetro ligeramente inferior al del pozo) puede montarse e introducirse en el pozo y, a continuación, expandirse para entrar en contacto directo con la masa rocosa.

55 Cabe señalar que cualquier característica de cualquiera de los aspectos puede aplicarse a cualquier otro aspecto, siempre que resulte apropiado. Asimismo, cualquier ventaja de cualquiera de los aspectos puede aplicarse a cualquiera de los demás aspectos. Otros objetivos, características y ventajas de las realizaciones adjuntas se desprenderán de la siguiente descripción detallada, de las reivindicaciones adjuntas dependientes, así como de los dibujos.

60 En general, todos los términos utilizados en las reivindicaciones deben interpretarse según su significado ordinario en el campo técnico, a menos que se definan explícitamente de otro modo en el presente documento. Todas las referencias a "un/el elemento, aparato, componente, medio, etapa, etc." deben interpretarse abiertamente como referidas al menos a una instancia del elemento, aparato, componente, medio, etapa, etc., salvo que se especifique de otra manera. Las etapas de cualquier método divulgado en el presente documento no tienen por qué realizarse

en el orden exacto divulgado, a menos que se indique explícitamente. El uso de "primero", "segundo", etc. para diferentes características/componentes de la presente descripción sólo está previsto para distinguir las características/componentes de otras características/componentes similares y no para impartir ningún orden o jerarquía a las características/componentes.

5

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las realizaciones se describirán, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

10

Las Figuras 1a-1d ilustran diferentes sistemas convencionales que comprenden un depósito de hidrógeno para el que pueden usarse realizaciones del depósito de fluidos según la presente invención.

15

La Figura 2 es una vista en sección transversal esquemática de un pozo en una masa rocosa, con un tubo estanco a fluidos dispuesto concéntricamente en el pozo, según algunas realizaciones de la presente invención.

20

La Figura 3 es un gráfico que muestra la sobrepresión necesaria para deformar plásticamente diferentes materiales que tienen diferentes límites de fluencia con diferentes espesores de pared.

25

La Figura 4 es una vista esquemática en sección longitudinal de un depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos en un pozo en una masa rocosa, según algunas realizaciones de la presente invención.

La Figura 5 es un diagrama de flujo esquemático de algunas realizaciones de un método de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

30

Las realizaciones se describirán totalmente a continuación en los dibujos adjuntos, en donde se muestran algunas realizaciones. No obstante, dentro del ámbito de la presente descripción son posibles otras realizaciones en formas muy diversas. Más bien, las siguientes realizaciones se proporcionan a modo de ejemplo para que esta descripción sea exhaustiva y completa, y transmita totalmente el alcance de la descripción a los expertos en la materia. Los números iguales se refieren a elementos similares en toda la descripción.

35

El depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos descrito en el presente documento es un recipiente situado en un pozo de masa rocosa, que puede utilizarse para almacenar fluido presurizado en forma de gas y/o líquido, por ejemplo, hidrógeno (H₂), metano (CH₄), propano (C₃H₈), gas natural, dióxido de carbono (CO₂) nitrógeno (N₂), amoníaco (NH₃), aire, agua y/o amonio (NH₄), preferiblemente hidrógeno.

40

El método de almacenamiento puede usarse para el depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos a alta presión, bajo tierra o para necesidades de almacenamiento mayores. Los depósitos subterráneos de fluidos estancos a fluidos pueden colocarse siguiendo un patrón adecuado con una distancia adecuada entre los mismos. No existe un límite máximo para el número de almacenamientos que pueden desplegarse con seguridad siempre que la masa rocosa tenga unas características geológicas y unas propiedades geomecánicas adecuadas. Una ventaja del método de almacenamiento es que puede ser muy seguro en comparación con otros métodos de almacenamiento conocidos. Cualquier fuga, avería o atentado terrorista tendría un impacto limitado, ya que el fluido almacenado podría esparcirse a través de un área amplia y posiblemente vallada. Cualquier gas que se escape puede ascender rápidamente a la atmósfera. La proximidad a la producción y/o distribución de hidrógeno y electricidad puede ser ventajosa, ya que abre la posibilidad de utilizar el calor residual durante la conversión de electricidad a hidrógeno o viceversa. También puede considerarse la posibilidad de recuperar el oxígeno del proceso durante la producción de hidrógeno gaseoso.

50

Para comprender el uso aplicado de este método de almacenamiento, a continuación se exponen algunos ejemplos de uso del hidrógeno junto con el depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos de fluidos de la presente descripción.

55

La Figura 1a ilustra que un depósito puede construirse cerca de una red eléctrica y en una propiedad y masa rocosa geológicamente apropiadas para el método de almacenamiento. En el lugar, la electricidad y el agua pueden convertirse en hidrógeno y almacenarse. Posteriormente, el hidrógeno almacenado puede extraerse del depósito, convertirse en electricidad y agua, y utilizarse en la red eléctrica.

60

La Figura 1b ilustra que un depósito puede construirse cerca de un productor de electricidad y en una propiedad geológicamente adecuada para el método de almacenamiento. En el lugar, la electricidad y el agua pueden convertirse en hidrógeno y almacenarse. Posteriormente, el hidrógeno almacenado puede extraerse del depósito, convertirse en electricidad y agua, y utilizarse en la red eléctrica.

65

La Figura 1c ilustra que un depósito puede construirse cerca de una red eléctrica, cerca de un consumidor de hidrógeno y en una propiedad geológicamente adecuada para el método de almacenamiento. En el lugar, la electricidad y el agua pueden convertirse en hidrógeno y almacenarse. Posteriormente, el hidrógeno almacenado puede extraerse del depósito y ser utilizado por el consumidor.

La Figura 1d ilustra que un depósito puede construirse cerca de un consumidor de hidrógeno, donde sea posible transportar hidrógeno y en una propiedad geológicamente adecuada para el método de almacenamiento. En el lugar, el hidrógeno puede descargarse del transporte y almacenarse. Posteriormente, el hidrógeno almacenado puede extraerse del depósito y ser utilizado por el consumidor.

La Figura 2 ilustra la presurización del tubo para deformar la pared lateral 2 y presionarla directamente contra la superficie interior 11 del pozo 10 en la masa rocosa 1. La presión P se aplica dentro del tubo estanco a fluidos, ejerciendo una fuerza radial sobre la pared lateral 2 hacia la superficie interior 11 del pozo 10, tal como ilustran las flechas que apuntan hacia fuera. La masa rocosa aplicará una fuerza correspondiente en la dirección opuesta, como ilustran las flechas que apuntan hacia el interior, cuando la pared 2 se haya deformado hasta entrar en contacto directo con la superficie rocosa 11.

La deformación es una deformación plástica, especialmente cuando la pared lateral 2 es de un material rígido, por ejemplo, un material polimérico (plástico) o un material metálico, por ejemplo, acero, tal como se dice más adelante. Entre los ejemplos de materiales poliméricos se incluyen los materiales termoendurecibles, que pueden curarse ventajosamente tras la deformación, y los materiales termoplásticos. Los materiales termoplásticos pueden tener la ventaja de permitir la unión de segmentos de la envoltura cilíndrica circular recta de la pared lateral 2 mediante calentamiento y a continuación la unión de los extremos de los segmentos entre sí para formar la pared lateral. En algunas realizaciones, el material polimérico, por ejemplo un material polimérico termoendurecible (resina) tal como epoxi, puede estar reforzado con fibras, por ejemplo con fibras de vidrio y/o de carbono, para formar un material compuesto.

En algunas otras realizaciones, que no forman parte de la invención reivindicada, la deformación es una deformación elástica, especialmente cuando la pared lateral 2 es de un material elástico (por ejemplo, un elastómero), por ejemplo, un caucho natural o sintético. En caso de deformación elástica, el revestimiento 2 se mantiene en su lugar contra la superficie interior 11 del pozo 10 por una sobrepresión dentro del depósito de fluidos 40.

Para facilitar la presurización con la presión P para lograr la deformación, por ejemplo, plástica o elástica, de la pared lateral 2, el tubo puede preferiblemente llenarse de agua de modo que la presión P sea la presión del agua en el tubo.

Preferiblemente, la masa rocosa 1 tiene una resistencia superior a la presión P, para impedir el fallo de la roca. La tabla 1 muestra ejemplos convencionales de resistencia de la masa rocosa encontrados en Escandinavia.

Tabla 1

Parámetro	Unidad	Granito	Gneis	Basalto
Resistencia a la compresión uniaxial	MPa	169	130	207
Módulo de elasticidad	GPa	42	50	82

La Figura 3 ilustra la sobrepresión, en mega pascales (MPa), necesaria para deformar plásticamente diferentes materiales que tienen diferentes límites elásticos, en MPa, con diferentes espesores de pared, en milímetros (mm). El gráfico puede utilizarse para seleccionar un espesor adecuado de un material rígido de la pared lateral 2, en función del material rígido utilizado y de la presión P que pueda aplicarse.

El material rígido es normalmente metálico, por ejemplo, acero, pero también se contemplan materiales poliméricos o compuestos, por ejemplo, que sean o comprendan polietileno (PE). La tabla 2 muestra el límite de fluencia inferior de algunos aceros preferidos en la actualidad, que son relativamente baratos, fáciles de conseguir y de soldar. Obsérvese que la Tabla 2 muestra el límite de fluencia inferior (R_{eL}) en lugar del límite de fluencia superior ligeramente mayor (R_{eH}).

Tabla 2

Material	R_{eL} (MPa)
S235JR	210
S275JR	250

ES 3 014 868 T3

Material	R _{eL} (MPa)
S355N	350
S420N	390

La Tabla 3 muestra algunos ejemplos de la presión P necesaria para formar la deformación plástica de la pared lateral 2 para diferentes diámetros y espesores de la pared 2, para dos de los aceros de la Tabla 2.

5 Tabla 3

Material	ReL (MPa)	Diámetro del pozo (mm)	Diámetro del tubo (mm)	Espesor de pared (mm)	Presión P (MPa)
S235JR	210	1000	980	4	1,70
S235JR	210	1000	980	6	2,55
S235JR	210	2000	1960	5	1,05
S235JR	210	2000	1960	7	1,50
S235JR	210	3000	2940	6	0,85
S235JR	210	3000	2940	8	1,15
S420N	390	1000	980	3	2,40
S420N	390	1000	980	5	3,95
S420N	390	2000	1960	4	1,60
S420N	390	2000	1960	6	2,40
S420N	390	3000	2940	5	1,35
S420N	390	3000	2940	7	1,85

10 En algunas realizaciones de la presente invención, el límite de fluencia superior (R_{eH}) del material rígido está en el intervalo de 200-600 MPa, preferiblemente 200-400 MPa. El límite de fluencia puede determinarse mediante un ensayo de tracción conforme a la norma ISO 6892 para metales o ISO 527 para plásticos/polímeros y materiales compuestos. Adicionalmente o alternativamente, en algunas realizaciones de la presente invención, la presión P a la que se presuriza el tubo estanco a fluidos está en el intervalo de 0,5-5 MPa, preferiblemente 1-3 MPa.

15 Adicionalmente o alternativamente, en algunas realizaciones de la presente invención, el material, por ejemplo, un material rígido, de la pared lateral 2 es metálico o polimérico, preferiblemente acero, por ejemplo, S235JR, S275JR, S355N o S420N. Adicionalmente o alternativamente, la pared lateral 2, antes de la presurización, tiene un espesor dentro de un intervalo de 1-12 mm, por ejemplo, 3-10 mm, preferiblemente 4-8 mm.

20 Convenientemente, el diámetro exterior de la pared lateral 2 es sólo ligeramente inferior al diámetro del orificio, lo que permite introducir fácilmente el tubo estanco a fluidos en el orificio, pero sin necesidad de una deformación plástica o elástica, es decir, en este caso, elongación del material rígido o elástico de la pared 2, mayor de la necesaria, reduciendo el riesgo de grietas en el material durante la deformación. Por tanto, en algunas realizaciones de la presente invención, el diámetro exterior de la envoltura cilíndrica circular recta que forma la pared lateral 2 está dentro del intervalo del 90-99 % del diámetro del pozo 10.

25 La Figura 4 ilustra una realización del depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos 40, formado por el tubo estanco a fluidos 41 introducido en el pozo 10. El depósito 40, y por tanto, el tubo 41, comprende la pared lateral 2, por ejemplo, de un material rígido o elástico, en forma de envoltura cilíndrica circular recta, que tras la deformación plástica o elástica forma un revestimiento del pozo 10 al entrar en contacto con la roca de la masa rocosa 1 en la superficie interior 11 del pozo. El depósito 40, y por tanto, el tubo 41, comprende además una caperuza de extremo inferior 4 fijada a un extremo inferior de la pared lateral 2 y una caperuza de extremo superior 5 fijada a un extremo superior de la pared lateral 2. El extremo superior de es el extremo proximal a la superficie de tierra/roca (es decir, el extremo más cercano a la superficie), mientras que el extremo inferior es el extremo distal a la superficie de tierra/roca (es decir, el extremo opuesto a la superficie).

30

35 La caperuza de extremo inferior 4 puede conectarse a una parte inferior del pozo 10, por ejemplo, estando en contacto directo con el mismo o dispuesta contra un bastidor rígido 3 situado en la parte inferior del pozo y que actúa como distancia entre la caperuza de extremo inferior y el fondo del pozo. El espacio entre la caperuza de extremo inferior y la parte inferior del pozo, que puede estar formado por el bastidor 3, puede utilizarse para permitir

que los residuos procedentes del pozo o de la superficie interior 11 del pozo 10 se acumulen sin interferir con la caperuza de extremo inferior 4.

La caperuza de extremo superior 5 se encuentra normalmente bajo tierra, es decir, por debajo de un extremo superior del pozo 10. Convenientemente, se proporciona una cubierta 9 por encima de la caperuza de extremo superior, cuyo peso puede formar una presión sobre la caperuza de extremo superior que esté cerca o por encima de la presión P o de la presión del fluido almacenado en la misma para ayudar a impedir que la caperuza de extremo superior se eleve por la presión en el depósito 40. La cubierta 9 puede consistir o comprender cualquiera o más de cemento, hormigón, piedra triturada y macadán. Entre la caperuza de extremo superior 5 y la cubierta 9 puede haber un bloqueo 8, por ejemplo, un anillo metálico, para impedir que piedras u otras partes de la cubierta 9 caigan en cualquier hueco entre la superficie interior 11 del pozo 10 y la parte exterior de la pared lateral 2, especialmente antes de la deformación plástica o elástica de la misma. En algunas realizaciones de la presente invención, la inserción del tubo 41 en el pozo 10 comprende la inserción de todo el tubo en el pozo de manera que la caperuza de extremo superior 5 se encuentre por debajo de un extremo superior del pozo, por ejemplo, a una distancia comprendida entre 5 y 50 m por debajo del extremo superior del pozo, preferiblemente entre 10 y 30 m. Alternativamente, por ejemplo, para diámetros más pequeños del tubo 41, la caperuza de extremo superior 5 puede colocarse por encima de la superficie del suelo y anclarse con pernos para roca a la masa rocosa 1. En este caso, la parte superior de la tubería, la que está por encima del suelo, puede dimensionarse para una presión total sin deformación, por ejemplo, plastificación.

Para la comunicación fluida con el interior del depósito 40, al menos dos tuberías 6 y 7, normalmente cada una de las cuales comprende al menos una válvula para activar o desactivar el flujo de fluido a través de la tubería, pueden disponerse desde la superficie y a través de la caperuza de extremo superior 5, y por tanto, también a través de cualquier cubierta 9 situada allí arriba. Una tubería de líquido 6 puede extenderse hasta cerca de la parte inferior del depósito 40, para evacuar líquido desde el depósito. Del mismo modo, puede disponerse una tubería de gas 7 con una abertura en la parte superior del depósito 40, para evacuar el gas del depósito. Al presurizar la tubería 41 para la deformación, por ejemplo, deformación plástica o elástica, de la misma utilizando agua presurizada a la presión P, el agua puede introducirse a presión en el depósito 40 a través de cualquiera de las tuberías de líquido y gas 6 o 7. Sin embargo, tras la deformación, el agua puede evacuarse a través de la tubería de líquido 6 bombeando gas al depósito 40 a través de la tubería de gas 7.

El pozo 10 puede tener cualquier tamaño adecuado, en función de la cantidad de fluido que se desee almacenar, aunque puede haber algunas limitaciones técnicas o prácticas en función de la técnica de perforación utilizada. En algunas realizaciones de la presente invención, el pozo tiene una profundidad dentro del intervalo de 50-500 m, preferiblemente 200-400 m. Normalmente, el pozo es vertical desde la superficie terrestre y hacia abajo, pero se contempla que también pozos inclinados, por ejemplo, en un ángulo agudo con respecto a un eje vertical, pueden ser convenientes para algunas aplicaciones. En algunas realizaciones de la presente invención, el diámetro del pozo 10 está dentro del intervalo de 0,2-8 m, que son diámetros obtenidos mediante perforación convencional. La técnica de perforación se selecciona en función del diámetro deseado. Para un diámetro dentro del intervalo de 0,2-0,6 m, se usa adecuadamente la perforación con martillo perforador. Para un diámetro dentro del intervalo de 0,6-2 m, la perforación por escariado con un escariador que se despliega después de perforar un orificio piloto antes de elevar el cabezal de perforación. Para un diámetro dentro de un intervalo de 2-8 m, puede ser necesario un hueco o túnel adyacente, de modo que el orificio piloto irrumpa en el hueco o túnel adyacente y se fije un escariador más ancho a la sarta de perforación antes de elevar el cabezal de perforación.

El tubo estanco a fluidos 41, y por tanto, el depósito de fluidos 40 resultante, puede tener una longitud de aproximadamente 10-50 m menor que la profundidad del pozo 10, correspondiente a la distancia de la caperuza de extremo superior 5 desde la superficie terrestre, es decir, una longitud dentro del intervalo de 30-450 m, preferiblemente 200-400 m. Para conseguir una tubería 41 tan larga, puede soldarse, o unirse de otro modo, una pluralidad de segmentos de tubería para formar una pared lateral estanca a fluidos 2. Del mismo modo, las caperuzas de extremo superior e inferior 5 y 4 están convenientemente soldadas, o unidas de otro modo, de forma estanca a fluidos, a los extremos respectivos de la pared lateral 2.

La Figura 5 ilustra algunas realizaciones del método de preparación o construcción del depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos 40. Se perfora (taladra) S1 un pozo 10 en una masa rocosa 1. A continuación, se introduce un tubo estanco a fluidos 41 S2 longitudinalmente en el pozo 10. El tubo comprende una pared lateral 2, por ejemplo, de un material rígido o elástico, preferiblemente rígido, en forma de una envoltura cilíndrica circular recta que tiene un diámetro exterior que es menor que un diámetro del pozo 10, una caperuza de extremo inferior 4 fijada a un extremo inferior de la pared lateral 2, y una caperuza de extremo superior 5 fijada a un extremo superior de la pared lateral 2. A continuación, a través de la tubería 7 que atraviesa la caperuza de extremo superior 5, el tubo estanco a fluidos 41 se presuriza S3 hasta una presión P superior a un umbral predeterminado, por ejemplo, dependiente de un límite de fluencia superior del material rígido, de modo que la pared lateral 2 se deforma, por ejemplo, se deforma plásticamente en caso de un material rígido o se deforma elásticamente en caso de un material elástico, hasta que se presiona contra una superficie interior 11 del pozo 10 a lo largo de una extensión longitudinal de la pared lateral, formando un revestimiento estanco a fluidos 2 del pozo. La pared lateral 2, que forma el

revestimiento 2, junto con la caperuza de extremo inferior 4 y la caperuza de extremo superior 5 forman por tanto el depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos 40 en el pozo.

5 En caso de que la pared lateral 2 sea de un material termoendurecible, el método puede comprender opcionalmente curar (S4) el revestimiento 2 del pozo formado por la pared lateral 2 deformada. El curado incluye normalmente elevar la temperatura del material termoendurecible por encima de una temperatura a la que se cura el material termoendurecible. Sin embargo, adicionalmente o alternativamente, pueden incluirse otras técnicas de curado, tales como la radiación UV o el uso de un agente de curado.

10 En algunas realizaciones de la presente invención, el método comprende además opcionalmente llenar S5 el depósito de fluidos 40, mediante tuberías 7 a través de la caperuza de extremo superior 5, con un fluido presurizado en forma gaseosa y/o líquida, por ejemplo, hidrógeno, metano, propano, gas natural, dióxido de carbono, nitrógeno, amoníaco, aire, agua y/o amonio, preferiblemente hidrógeno. En algunas realizaciones, el fluido presurizado está a una presión dentro del intervalo de 50-1000 bar o 50-500 bar, preferiblemente 200-300 bar.

15 La tabla 4 muestra la cantidad de hidrógeno que puede almacenarse en el depósito de fluidos 40 en algunos diámetros de ejemplo del depósito de fluidos a una profundidad/longitud del depósito de fluidos de 380 m y a una presión absoluta en el depósito de fluidos de 300 bar(a).

20 Tabla 4

Parámetro	Unidad	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3
Diámetro del pozo	m	0,6	1,5	3
Espesor de pared lateral	m	0,005	0,0075	0,01
Diámetro interior de pared lateral	m	0.590	1,485	2,980
Profundidad de pozo	m	400	400	400
Longitud de la cubierta por encima de la caperuza de extremo superior	m	20	20	20
Longitud del depósito	m	380	380	380
Volumen del depósito	m ³	104	658	2650
Presión de almacenamiento	bar(a)	300	300	300
Temperatura dentro del depósito	°C	12	12	12
H ₂ almacenado	kg	2 100	12 900	51 500

25 En algunas realizaciones de la presente invención, el método puede comprender además inspeccionar la superficie interior 11 del pozo 10 antes de insertar S2 el tubo 41, reparando opcionalmente orificios u otras irregularidades en la superficie 11 que podrían dañar la pared lateral 2 cuando se presuriza S3.

Ejemplos

30 En algunas realizaciones, se lleva a cabo un estudio geológico en un lugar adecuado para determinar la idoneidad para preparar un depósito 40 en sitio. El estudio puede incluir ubicar una masa rocosa 1 adecuada donde se prevea la aparición de zonas de aplastamiento o fallas. Si es necesario, se puede realizar una perforación de orificios con núcleo, o equivalente, en el área para encontrar zonas de aplastamiento o fallas locales e investigar otros parámetros de la roca.

35 A continuación, puede perforarse el pozo 10. Opcionalmente, puede montarse un reborde de material adecuado alrededor de donde se va a perforar el pozo. Esto puede ser por seguridad personal y podría impedir la deposición de material no deseado desde el suelo. Se puede perforar un pozo a una profundidad adecuada (por ejemplo, 50-500 m) y con una dimensión adecuada (por ejemplo, 0,2-8 m). Se utiliza adecuadamente la perforación con martillo y/o la perforación por escariado, tal como se ha considerado anteriormente. La perforación por escariado es adecuada para su uso si hay acceso al nivel más bajo a través de un túnel de roca. La perforación por escariado también puede usarse sin acceso al nivel inferior perforando un orificio piloto y en éste empujando hacia abajo un escariador que a continuación puede desplegarse.

45 La superficie interior 11 del pozo 10 puede inspeccionarse en busca de orificios u otras irregularidades. El pozo 10 puede llenarse convenientemente con agua para contrarrestar una mayor fuga e impedir por tanto que la grava y la piedra caigan desde la pared de la superficie interior 11 del pozo, para crear cavidades en la pared. Se puede medir el pozo y filmar la superficie interior 11 para detectar posibles cavidades u otros defectos.

Opcionalmente, o si es necesario, se puede reparar una parte de la pared de la superficie interior 11 para que sea más lisa, por ejemplo, en una región donde la masa rocosa se ha desmoronado en la pared de la superficie interior 11. Por ejemplo, cualquier cavidad puede rellenarse con un material adecuado. La parte inferior del pozo 10 puede limpiarse.

A continuación, el tubo estanco a fluidos 41 puede montarse e introducirse en el pozo 10. Los tubos metálicos pueden unirse axialmente (por ejemplo, soldarse) para formar la pared lateral 2. Normalmente, estos tubos tienen un diámetro ligeramente inferior al diámetro del pozo 10. Puede ser adecuado para usar tubos de 12 metros, que en etapas se unen con soldadura automática adecuada con controles posteriores y, si es necesario, la normalización de la junta de soldadura. Los tubos pueden llenarse de agua por etapas mientras se bajan en el pozo lleno de agua, de modo que la parte superior de los tubos unidos quede a una altura de trabajo adecuada para soldar el siguiente tubo. Los tubos pueden fijarse de forma adecuada para obtener una unión recta. Cabe señalar que los tubos superiores pueden tener que soportar la presión externa del agua creada por el peso de todos los tubos inferiores sumergidos.

Antes de montar la caperuza de extremo inferior 4 en la parte inferior del pozo, puede montarse un bastidor de acero 3 o un cojinete con un borde. El bastidor puede formarse después de la parte inferior del pozo y si se hace como una distancia con aberturas, cualquier piedra y grava que caiga puede recogerse en el bastidor. Esto implica que la posición de la caperuza de extremo inferior 4 puede fijarse exactamente en sentido lateral y vertical. Con este procedimiento, la caperuza de extremo inferior puede quedar completamente plana. Alternativamente, la parte inferior del pozo puede rectificarse con la forma de la caperuza de extremo inferior, o la parte inferior puede moldearse con la misma forma que la caperuza de extremo. A través de un tubo de servicio, se puede bajar un martillo hidráulico hasta la caperuza de extremo inferior 4 y con este martillo, a través de la caperuza de extremo 4, aplastar las piedras sueltas que se hayan caído durante el montaje del tubo 41. Esto puede dar a la caperuza de extremo un contacto directo deseado con la parte inferior del pozo.

En la parte superior de la pared lateral 2 puede montarse la caperuza de extremo superior 5. Ambas caperuzas de extremo 4 y 5 pueden estar hechas para soportar la máxima presión sin plastificarse. La tubería de evacuación 6 desde la caperuza de extremo inferior 4 hasta la superficie del suelo, con una lira u otro método adecuado para una posible expansión, también puede montarse por etapas con una longitud adecuada igual a la de la pared lateral 2. El tubo de evacuación 6 puede estar sellado desde el exterior en la caperuza de extremo superior 5 y extenderse por encima del suelo. La tubería de entrada 7 puede montarse desde encima de la superficie del suelo a través de la caperuza de extremo superior 5 y puede soldarse herméticamente para soportar también la presión máxima en el depósito 40. Opcionalmente, el extremo superior del depósito 40 está provisto de un tubo de servicio, es decir, una boca de acceso, en una dimensión adecuada a la superficie del suelo y diseñado para soportar la presión máxima en el depósito.

Un método alternativo de montaje del depósito 40 puede ser construirlo en su totalidad, o en partes más grandes, por encima del suelo y a continuación con grúas bajarlo al pozo 10.

La caperuza de extremo superior 5 puede moldearse con un espesor adecuado de hormigón y/o puede anclarse mediante pernos para perforación en la superficie interior 11 de la pared rocosa. Antes del moldeo, el espacio entre la superficie interior 11 y la caperuza de extremo superior 5 puede sellarse. Esto puede hacerse con un bloqueo 8, adecuadamente un anillo metálico en forma de cuña, que también puede proporcionar una transición suave al plastificar la pared lateral 2 contra la superficie interior 11. A continuación, el resto del pozo por encima de la caperuza de extremo superior 5 puede rellenarse y empaquetarse con material adecuado como parte de la cubierta 9, tal como roca triturada u otro material pesado que pueda transferir parcialmente la fuerza ascendente (de la sobrepresión en el depósito 40) de la caperuza de extremo superior a la roca circundante. La distancia entre la caperuza de extremo superior 5 y la superficie del suelo puede seleccionarse de tal manera que el peso de la masa rocosa suprayacente sea mayor que la fuerza de elevación de la sobrepresión en el depósito 40. Esta distancia por encima de la caperuza de extremo superior puede depender de la dimensión/diámetro del depósito, de la presión máxima en el depósito, de la distancia entre pozos adyacentes 10 (si hay varios en la misma área) y de si se montan pernos para roca para soportar toda o parte de la fuerza de la sobrepresión en la caperuza de extremo superior.

A continuación, el tubo 41 se expande plásticamente contra la superficie interior 11 presionando el interior del tubo 41 con agua hasta la presión necesaria.

En caso necesario, el interior del depósito 40 puede limpiarse de residuos antes de llenarlo con el fluido que se va a almacenar en su interior.

El llenado del depósito de fluidos 40 con hidrógeno puede conseguirse mediante el empuje del gas hidrógeno hacia el agua a medida que aumenta la presión, entrando el hidrógeno en el depósito a través de la tubería de gas 7 mientras que el agua sale del depósito a través de la tubería de líquido 6. También pueden ser adecuados otros métodos de evacuación del agua y llenado con fluido tal como hidrógeno. Cuando el depósito 40 se llena con un

ES 3 014 868 T3

5 gas ligero tal como el hidrógeno, puede instalarse un control de presión de tal manera que la presión en el depósito sea siempre superior a la presión del agua subterránea fuera de la parte inferior del depósito. Al tener gas hidrógeno en el depósito por debajo de la presión externa de las aguas subterráneas, o durante el servicio, el depósito podría llenarse con agua pobre en oxígeno para equilibrar la presión externa de las aguas subterráneas. Es posible que, a continuación, el sistema de agua situado fuera del depósito deba manipular el hidrógeno disuelto en agua de forma segura cuando se reduzca la presión.

10 Como alternativa, si fuera necesario, se podría aumentar ligeramente la presión mínima del fluido almacenado de modo que el material rígido de la pared lateral no pueda volver a su forma original en absoluto, de modo que el material rígido esté siempre en pleno contacto con la superficie interior 11 del pozo. Esto puede reducir el riesgo de grietas al agotar el material rígido durante ciclos repetidos.

REIVINDICACIONES

1. Un método de preparación de un depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos (40), comprendiendo el método:
- 5 perforar (S1) un pozo (10) en una masa rocosa (1);
 insertar longitudinalmente (S2) un tubo estanco a fluidos (41) en el pozo (10), comprendiendo el tubo una pared lateral (2) de un material rígido en forma de una envoltura cilíndrica circular recta que tiene un diámetro exterior que es menor que un diámetro del pozo (10), una caperuza de extremo inferior (4) fijada a un extremo inferior de la pared lateral (2), y una caperuza de extremo superior (5) fijada a un extremo superior de la pared lateral (2); y
- 10 mediante una tubería (7) a través de la caperuza superior (5), presurizar (S3) el tubo estanco a fluidos (41) hasta una presión (P) superior a un umbral predeterminado dependiente de un límite de fluencia superior, R_{eH} , del material rígido, de modo que la pared lateral (2) se deforme plásticamente hasta quedar presionada contra una superficie interior (11) del pozo (10) a lo largo de una extensión longitudinal de la pared lateral, formando un revestimiento estanco a fluidos (2) del pozo;
- 15 en donde el revestimiento (2) junto con la caperuza de extremo inferior (4) y la caperuza de extremo superior (5) forman el depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos (40) en el pozo.
2. El método de la reivindicación 1, en donde el límite de fluencia, R_{eH} , del material rígido está dentro del intervalo de 10-600 MPa, por ejemplo, 200-600 MPa, preferiblemente 200-400 MPa.
- 20 3. El método de la reivindicación 1 o 2, en donde el material rígido de la pared lateral (2) es metálico o polimérico, preferiblemente acero, por ejemplo, S235JR, S275JR, S355N o S420N.
4. El método de la reivindicación 3, en donde el material rígido es un material polimérico termoplástico.
- 25 5. El método de la reivindicación 4, en donde el material rígido es un material polimérico termoendurecible, por ejemplo, reforzado con fibras, comprendiendo además el método curar (S4) el revestimiento (2).
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, durante la presurización (S3), el tubo estanco a fluidos (41) se llena de agua, de modo que la presión (P) es la presión del agua en el tubo.
- 30 7. El método de la reivindicación 6, en donde el agua es, después de la deformación plástica, evacuada a través de la tubería de líquido (6) a través de la caperuza de extremo superior (5) bombeando gas al depósito (40) a través de la tubería de gas (7) a través de la caperuza de extremo superior (5).
- 35 8. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la inserción (S2) comprende insertar todo el tubo (41) en el pozo (10) de manera que la caperuza de extremo superior (5) esté por debajo de un extremo superior del pozo, por ejemplo, una distancia dentro del intervalo de 5-50 m por debajo del extremo superior del pozo, preferiblemente dentro del intervalo de 10-30 m.
- 40 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la presurización (S3) es antes de llenar el depósito de fluidos (40) con un fluido presurizado que va a ser almacenado en el mismo.
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además llenar (S5) el depósito de fluidos (40), mediante tuberías (7) a través de la caperuza de extremo superior (5), con un fluido presurizado en forma gaseosa y/o líquida, por ejemplo, hidrógeno, H_2 ; metano, CH_4 ; propano, C_3H_8 ; gas natural; dióxido de carbono, CO_2 ; nitrógeno, N_2 ; amoníaco, NH_3 ; aire; agua; y/o amonio, NH_4 ; preferiblemente hidrógeno.
- 45 11. El método de la reivindicación 10, en donde el fluido presurizado está a una presión dentro del intervalo de 50-1000 bar, por ejemplo, 50-500 bar, preferiblemente 200-300 bar.
- 50 12. Un depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos (40) preparado por el método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 55 13. Un depósito subterráneo de fluidos estanco a fluidos de fluidos (40) que comprende:
 un revestimiento estanco a fluidos (2) de un pozo (10) en una masa rocosa (1);
 una caperuza de extremo inferior (4) fijada a un extremo inferior del revestimiento (2);
 una caperuza de extremo superior (5) fijada a un extremo superior del revestimiento (2); y
 tubería (7) a través de la caperuza de extremo superior (5);
- 60 en donde el revestimiento (2) es de un material rígido y está formado por una envoltura cilíndrica circular recta deformada plásticamente, insertada longitudinalmente en la perforación y deformada mediante una sobrepresión aplicada a través de la tubería (7) a una presión (P) superior a un umbral predeterminado dependiente de un límite de fluencia superior, R_{eH} , del material rígido.

DIBUJOS

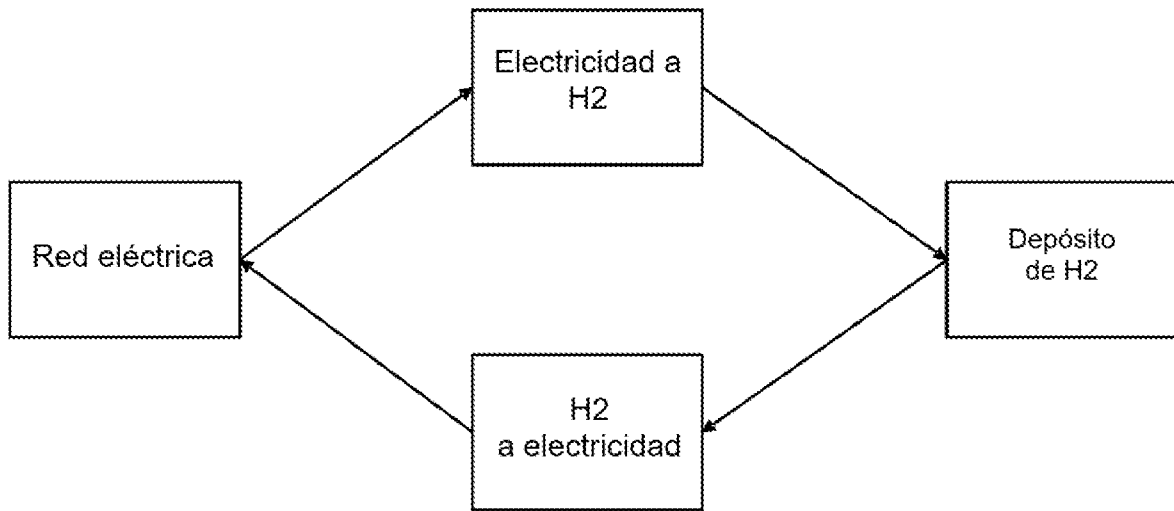


Fig. 1a

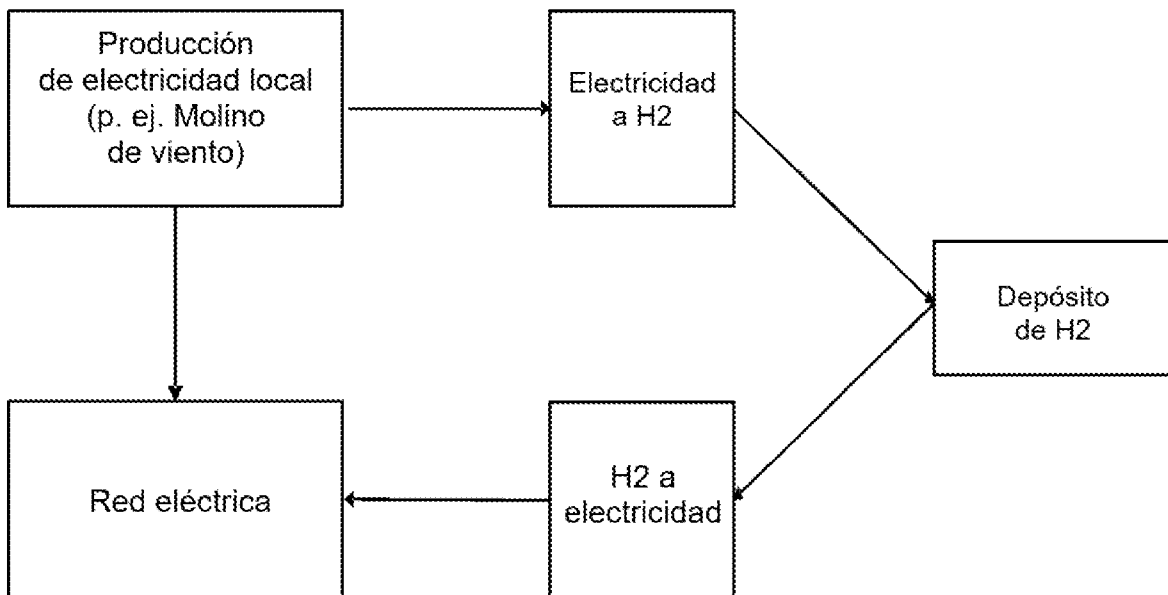


Fig. 1b

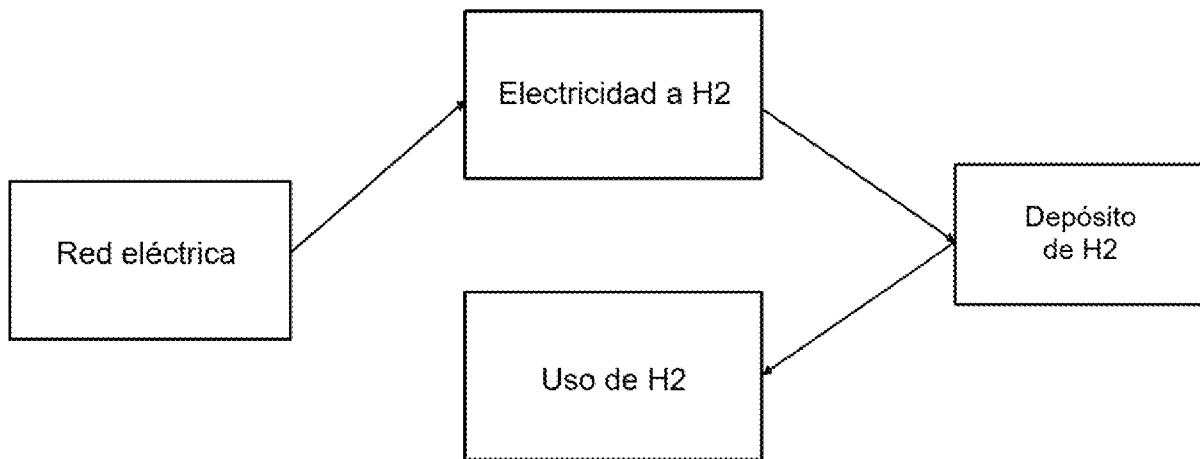


Fig. 1c

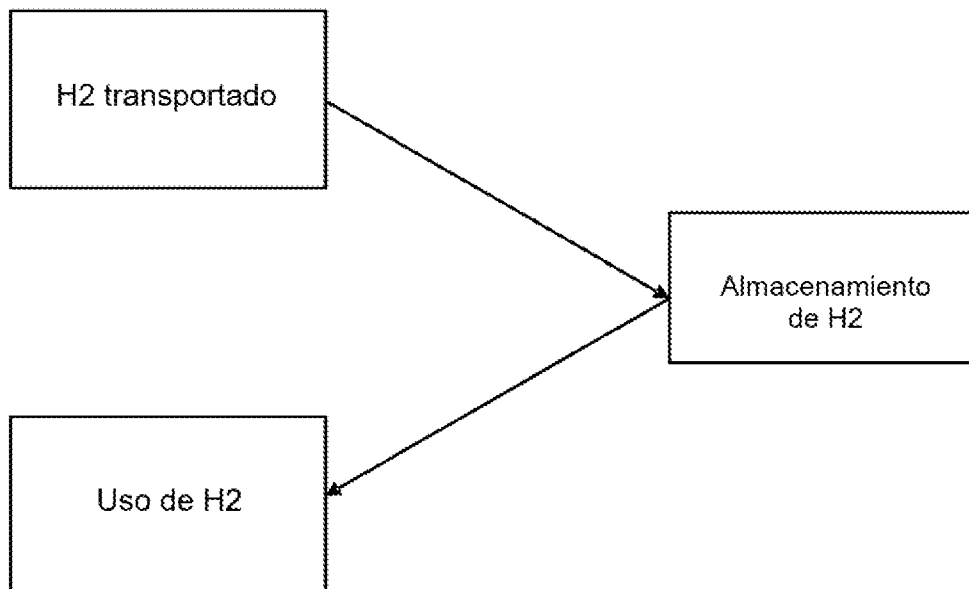


Fig. 1d

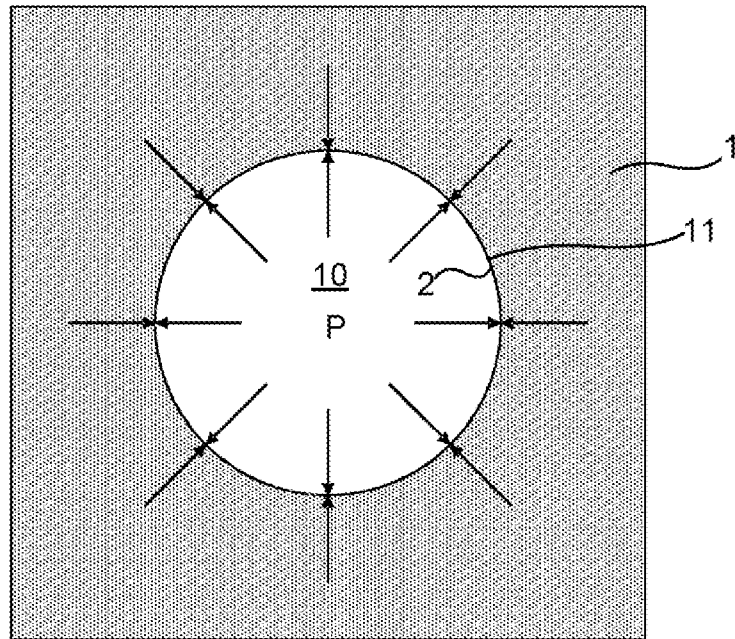


Fig. 2

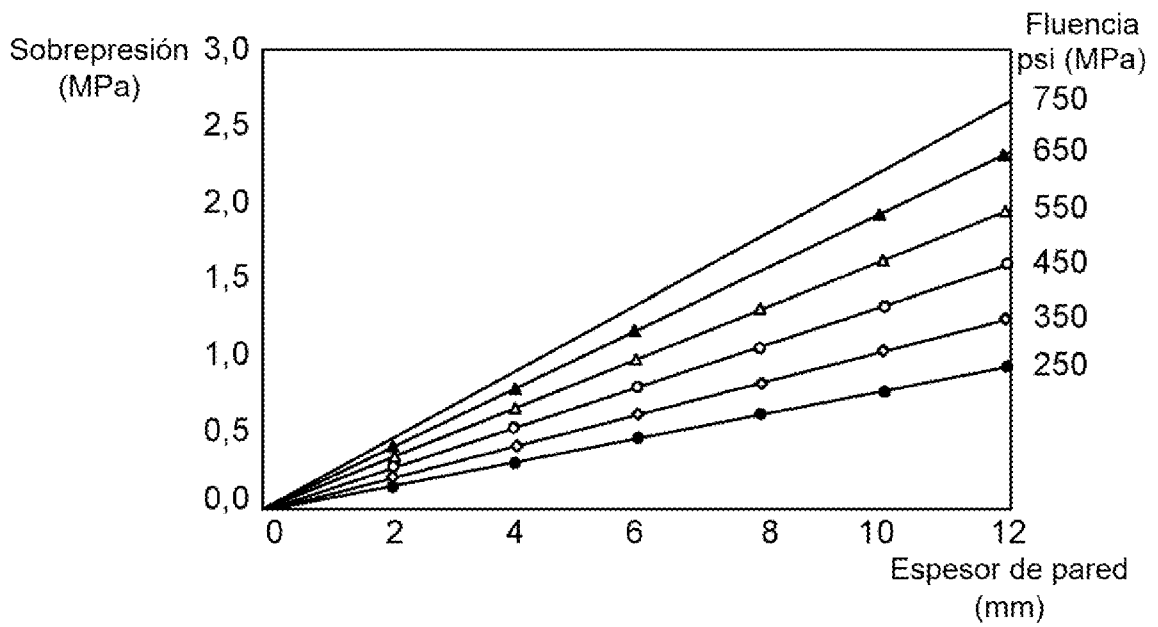


Fig. 3

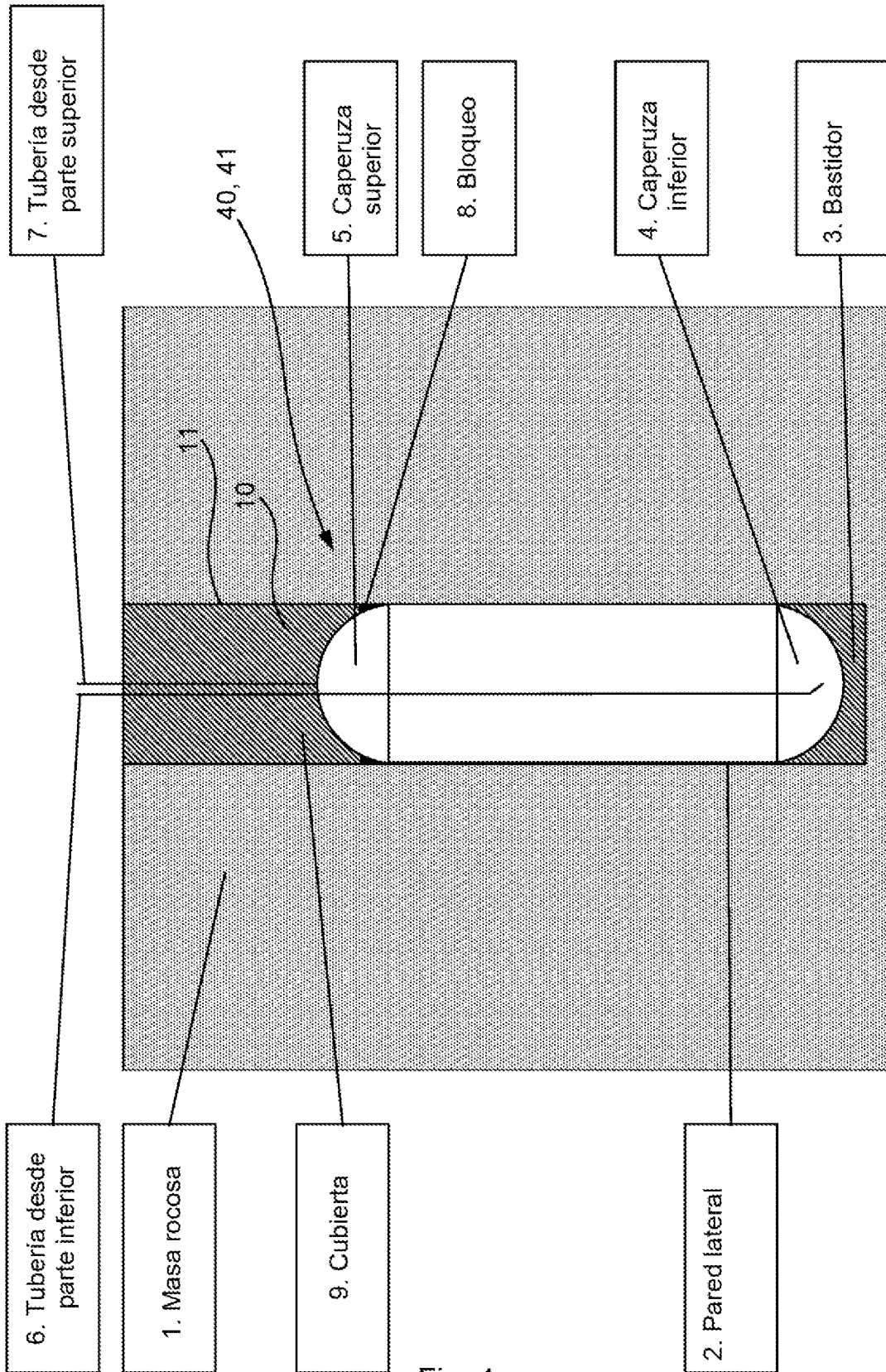


Fig. 4

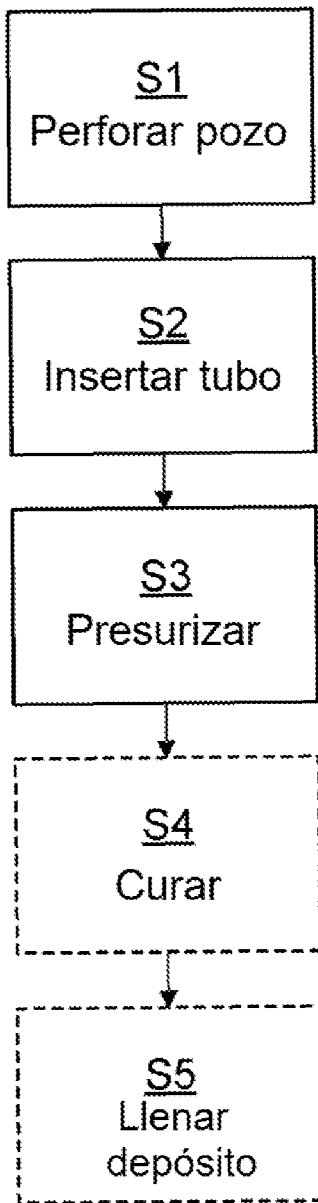


Fig. 5