

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 865 823**

51 Int. Cl.:

F17C 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2015** **E 15202703 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.03.2021** **EP 3184875**

54 Título: **Método para controlar la presión en un volumen de almacenamiento subterráneo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.10.2021

73 Titular/es:

**AIR LIQUIDE OIL AND GAS SERVICES LIMITED
(100.0%)
Station Road Coleshill
Birmingham B46 1JY, GB**

72 Inventor/es:

HILL, GREG

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 865 823 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 controlar la presión en un volumen de almacenamiento subterráneo

5 El presente documento trata del almacenamiento de un fluido compresible como el helio en un volumen de almacenamiento subterráneo, por ejemplo, cavernas subterráneas, y un método para controlar la presión en un volumen de almacenamiento subterráneo de este tipo si se introduce o se retira fluido incompresible de un volumen de almacenamiento subterráneo de este tipo.

10 Se conoce el uso de cavernas subterráneas para almacenar gases y líquidos como, por ejemplo, gas natural o petróleo crudo y sus productos. Tales cavernas subterráneas se lixivian, por ejemplo, en formaciones salinas o se crean mediante la extracción de roca dura. Tales cavernas subterráneas necesitan una presión mínima para mantener la integridad estructural de la caverna y evitar el colapso de la caverna. En enfoques conocidos, esto se garantiza mediante un volumen mínimo de gas que permanece en la caverna en todo momento. Este volumen mínimo de gas normalmente se denomina gas inertizante. En enfoques conocidos, existe una cantidad máxima de fluido a almacenar en tal caverna.

20 A partir del documento US 2015/321849 A1 y del documento WO 2013/176878 A1 se conocen métodos para almacenar fluidos en volúmenes de almacenamiento subterráneo. En los mismos, se proporcionan los límites superior e inferior para la presión.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método para controlar la presión en un volumen de almacenamiento subterráneo en el que se superen al menos en parte las desventajas conocidas de la técnica anterior.

25 Este objetivo se consigue mediante el método de la reivindicación independiente. Las reivindicaciones dependientes tratan de realizaciones ventajosas de la invención.

30 De acuerdo con la presente invención, se propone un método para controlar la presión en un volumen de almacenamiento subterráneo en donde el volumen de almacenamiento subterráneo se llena al menos en parte con un fluido incompresible, en donde se monitoriza la presión dentro del volumen de almacenamiento subterráneo, en donde un fluido compresible puede introducirse en y extraer del volumen de almacenamiento subterráneo, en donde, si la presión dentro del volumen de almacenamiento subterráneo alcanza un límite de presión superior predeterminado, se extrae fluido incompresible del volumen de almacenamiento subterráneo para reducir la presión en el volumen de almacenamiento; en donde, si la presión dentro del volumen de almacenamiento subterráneo alcanza un límite de presión inferior predeterminado, se introduce fluido incompresible en el volumen de almacenamiento subterráneo para aumentar la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo.

40 El volumen de almacenamiento subterráneo es, preferentemente, una caverna subterránea, en particular, una caverna lixiviada en una formación salina. Tales cavernas están caracterizadas, en general, por una presión máxima y una presión mínima. Si la presión en la caverna está por encima de la presión máxima o por debajo de la presión mínima, puede dañarse la caverna en sí. Los valores de la presión máxima y la presión mínima dependen principalmente de las circunstancias geológicas de la caverna, por ejemplo, el tipo de piedras y/o la estructura de la caverna. Para evitar claramente un daño estructural a la caverna, el límite de presión superior se selecciona para que esté ligeramente por debajo de la presión máxima, en particular, para que esté aproximadamente un 1 % por debajo de la presión máxima, y el límite de presión inferior se selecciona para que esté ligeramente por encima de la presión mínima, en particular, para que esté aproximadamente un 1 % por encima de la presión mínima para garantizar el uso de la mayor cantidad de almacenamiento posible.

50 Como fluido incompresible, se prefiere usar salmuera, ya que está fácilmente disponible, en particular, en cavernas lixiviadas en formaciones salinas. Como fluido compresible es posible usar hidrógeno o helio, en particular, se prefiere el helio.

55 El método de acuerdo con la presente invención permite una gestión de la presión en la que se usa el fluido incompresible para ajustar las diferencias de presión que se generan al introducir o retirar el fluido compresible. De este modo, es posible evitar el uso de gas inertizante. Además, mediante el proceso multiciclo, el gas compresible se introduce en el volumen de almacenamiento subterráneo hasta que se alcance el límite de presión superior, mientras que, a continuación, la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo se reduce mediante la eliminación de una parte del fluido incompresible, de manera que se reduce la presión dentro de la caverna. Esto permite introducir de nuevo fluido compresible aumentando la cantidad de fluido compresible que puede almacenarse en el volumen de almacenamiento subterráneo. De acuerdo con la reivindicación independiente 1, se retira fluido incompresible del volumen de almacenamiento subterráneo hasta que la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo haya alcanzado el límite de presión inferior. A continuación, de nuevo, se introduce una cantidad de fluido compresible en el volumen de almacenamiento subterráneo, como máximo hasta que la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo haya alcanzado el límite de presión superior. Repitiendo este ciclo, puede aumentarse significativamente la capacidad del volumen de almacenamiento subterráneo para almacenar el fluido compresible.

Preferentemente, si no es necesario introducir fluido compresible en el volumen de almacenamiento subterráneo, la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo se mantiene cerca del límite de presión superior, ya que mantiene disponible un máximo de fluido compresible almacenado. Normalmente, el fluido compresible se proporciona a través de una tubería. Dependiendo de la presión en el almacenamiento subterráneo es, por lo tanto, normalmente necesario comprimir el fluido compresible a una presión más alta cuando se introduce el fluido compresible en el volumen de almacenamiento subterráneo o cuando se extrae el fluido compresible del volumen de almacenamiento subterráneo.

De acuerdo con una realización preferida, la introducción o la extracción del fluido compresible se termina si, mientras se introduce el fluido compresible, se alcanza el límite de presión superior o, si mientras se extrae el fluido compresible, se alcanza el límite de presión inferior.

Esto permite un uso seguro del volumen de almacenamiento subterráneo, ya que es posible evitar con seguridad que se alcance la presión máxima o la presión mínima que no pueden superarse sin un daño estructural del volumen de almacenamiento subterráneo.

En este contexto, se prefiere además terminar la introducción o la extracción del fluido compresible siempre que se cumpla al menos una de las siguientes condiciones:

- a) ha transcurrido un retraso predeterminado desde el comienzo de la terminación; y
- b) se ha alcanzado un nivel de presión predeterminado.

Esto permite una cierta reducción de la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo si se ha terminado la introducción de fluido compresible para permitir que la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo se reduzca antes de que comience a introducirse de nuevo fluido compresible en el volumen de almacenamiento subterráneo. Por otro lado, esto permite un cierto aumento de la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo si se ha terminado la extracción de fluido compresible para permitir que la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo aumente antes de que comience a extraerse de nuevo fluido compresible del volumen de almacenamiento subterráneo.

De acuerdo con una realización adicional, el fluido incompresible se entrega a un depósito después de la extracción del volumen de almacenamiento subterráneo y se entrega desde el depósito al volumen de almacenamiento subterráneo para su introducción en el volumen de almacenamiento subterráneo.

El uso de un depósito permite un uso sostenible del volumen de almacenamiento subterráneo. En particular, si se usa salmuera como fluido incompresible, es ventajoso proporcionar un gran depósito de salmuera cerca del volumen de almacenamiento subterráneo o de la caverna de sal que permita usar la salmuera instantáneamente como medio para aumentar la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo.

De acuerdo con una mejora adicional, el fluido compresible es al menos uno de: nitrógeno, aire, dióxido de carbono, hidrógeno, helio y argón.

En particular, se prefiere el uso de helio como fluido compresible. Con la presente invención es fácilmente posible almacenar helio con una pureza elevada de, por ejemplo, más del 99 Vol.-% [% en volumen] en una caverna de sal.

De acuerdo con una mejora, el fluido compresible se introduce en y se extrae del volumen de almacenamiento subterráneo en estado gaseoso.

La introducción y extracción de fluido compresible gaseoso reduce los requisitos para el equipo usado. En particular, pueden usarse bombas convencionales para comprimir el fluido compresible.

De acuerdo con una mejora adicional, el fluido incompresible es al menos una de entre salmuera, agua y suspensión acuosa.

La salmuera, el agua y la suspensión acuosa son fluidos incompresibles que están fácilmente disponibles. En particular, se prefiere la salmuera, preferentemente si se usa una caverna de sal como volumen de almacenamiento subterráneo. Se entiende por salmuera una solución de al menos una sal, que comprende, en particular, cloruro de sodio (NaCl) en agua (H₂O). Se entiende por la expresión suspensión acuosa una mezcla fluida de un sólido pulverizado con agua. En particular, es ventajoso usar un fluido incompresible a base de agua en el método de acuerdo con la invención, ya que algunos fluidos compresibles, por ejemplo, solo son solubles en agua hasta cierto punto limitado. Por lo tanto, si tal fluido compresible se almacena en un volumen de almacenamiento subterráneo que contiene una cantidad significativa de un fluido incompresible a base de agua, solo hay una pérdida muy limitada del fluido compresible y el fluido compresible y el fluido incompresible permanecen principalmente separados.

De acuerdo con una mejora adicional, el fluido compresible se deshumidifica después de la extracción del volumen de almacenamiento subterráneo.

Normalmente, el fluido compresible almacenado, como, por ejemplo, el helio, está destinado a un uso posterior después de la extracción del volumen de almacenamiento subterráneo, por lo que es necesario proporcionarlo limpio. La absorción de humedad es posible hasta cierto punto y la deshumidificación permite reducir la humectación o humedad significativamente.

En este contexto, se prefiere que la deshumidificación se realice guiando el fluido compresible a través de un tamiz molecular.

Como tamiz molecular se usa, preferentemente, sílice. Como alternativa, una variante preferida de un tamiz molecular es un aluminosilicato o una zeolita.

De acuerdo con una mejora adicional, los hidrocarburos se eliminan del fluido compresible.

Cuando se usan volúmenes de almacenamiento subterráneo para el almacenamiento de fluidos compresibles, con frecuencia quedan depósitos del uso principal de los volúmenes de almacenamiento subterráneo, por ejemplo, de la minería. Pueden ser restos de la sustancia que se ha extraído o restos de productos químicos usados para la minería. En este contexto, se prefiere eliminar los hidrocarburos del fluido compresible.

En este contexto, se prefiere que el fluido compresible se guíe a través de un lecho de carbón activado para la eliminación de hidrocarburos.

El uso de carbón activado es una manera ventajosa, fiable y económica de eliminar los hidrocarburos del fluido compresible.

De acuerdo con una mejora adicional, contaminantes atmosféricos tales como, entre otros, el oxígeno, el nitrógeno y/o el dióxido de carbono se eliminan del fluido compresible mediante adsorción por oscilación de presión.

En particular, si se usan hidrógeno o helio como fluidos compresibles, los contaminantes atmosféricos que tengan un punto de ebullición más alto que el fluido compresible pueden contaminar el fluido compresible. La adsorción por oscilación de presión es un método fácilmente aplicable para eliminar dichos contaminantes del fluido compresible. De acuerdo con otra realización, el volumen de almacenamiento subterráneo es una caverna de sal subterránea.

Se ha descubierto que las cavernas de sal proporcionan volúmenes de almacenamiento reducidos incluso para el almacenamiento de gases con moléculas pequeñas como el hidrógeno o el helio como fluidos compresibles. Las cavernas de sal son bien accesibles y, normalmente, proporcionan directamente una fuente para un fluido incompresible, en concreto, salmuera.

De acuerdo con la reivindicación independiente 1, si tiene que introducirse fluido compresible en el volumen de almacenamiento subterráneo, las siguientes etapas se realizan alternativamente como un proceso multiciclo:

- a) reducir la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo extrayendo el fluido incompresible, preferentemente hasta que se alcance el límite de presión inferior; y
- b) introducir el fluido compresible, preferentemente hasta que se alcance el límite de presión superior.

De acuerdo con una mejora adicional, si tiene que extraerse fluido compresible del volumen de almacenamiento subterráneo, se realizan las siguientes etapas al menos una vez:

- α) extraer fluido compresible del volumen de almacenamiento subterráneo, preferentemente hasta que se alcance el límite de presión inferior; y
- β) introducir el fluido incompresible para aumentar la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo, preferentemente hasta que se alcance el límite de presión superior.

Cabe señalar que las características individuales especificadas en las reivindicaciones pueden combinarse entre sí de cualquier manera tecnológica razonable que se desee y formar realizaciones adicionales de la invención, no obstante, sin alejarse de la materia objeto de la reivindicación independiente 1. La memoria descriptiva, en particular en relación con las figuras, explica la invención con más detalle y específica, en particular, las realizaciones preferidas de la invención. Las realizaciones especialmente preferidas de la invención y también el campo técnico se explicarán a continuación con más detalle sobre la base de las figuras adjuntas. Cabe señalar que las realizaciones a modo de ejemplo mostradas en las figuras no pretenden restringir la invención. Las figuras son esquemáticas y pueden no estar a escala. Las figuras muestran

- Figura 1 un diagrama a modo de ejemplo de una presión en un volumen de almacenamiento subterráneo; y
- Figura 2 un ejemplo de un equipo para realizar el método para controlar la presión en un volumen de almacenamiento subterráneo.

La figura 1 muestra la evolución de la presión p en un volumen de almacenamiento subterráneo frente al tiempo t . El volumen de almacenamiento subterráneo es una caverna de sal subterránea que tiene, debido a las propiedades geológicas, una presión máxima y una presión mínima. Está lleno de un fluido incompresible, en este ejemplo salmuera, y un fluido compresible, en este ejemplo helio. Se usa para almacenar helio. Por lo tanto, el helio debe introducirse y extraerse del volumen de almacenamiento subterráneo con frecuencia.

Si la presión p en el volumen de almacenamiento subterráneo está por encima de la presión máxima o por debajo de la presión mínima, la integridad estructural del volumen de almacenamiento subterráneo está en peligro. Por lo tanto, la presión p en el volumen de almacenamiento subterráneo se controla para que esté dentro de un intervalo de presión predeterminado que tiene un límite de presión inferior predeterminado p_{\min} y un límite de presión superior predeterminado p_{\max} que está bien entre la presión máxima y la presión mínima. Esto garantiza que el volumen de almacenamiento subterráneo pueda usarse sin daño estructural del mismo.

A partir de una presión de inicio de 1, que está cerca del límite de presión superior p_{\max} , surge la necesidad de almacenar más helio. Si ahora, en esta situación, se introdujera helio en el almacenamiento subterráneo, existiría el riesgo de daño estructural en el volumen de almacenamiento subterráneo. Por lo tanto, en primer lugar, la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo se reduce extrayendo la salmuera 2 del volumen de almacenamiento subterráneo hasta una presión igual al límite de presión inferior p_{\min} . A continuación, en la etapa 3, se introduce helio en el volumen de almacenamiento subterráneo hasta que se haya alcanzado una presión igual al límite de presión superior p_{\max} . A continuación, en otra etapa de extracción de salmuera 2, la presión se reduce de nuevo hasta que se haya alcanzado una presión igual al límite de presión inferior p_{\min} . En otra etapa de introducción de helio 3 en el volumen de almacenamiento subterráneo, se introduce otra cantidad de helio en el volumen de almacenamiento subterráneo. A continuación, durante algún tiempo la presión se mantiene constante en el volumen de almacenamiento subterráneo hasta que es necesario extraer helio en una etapa de extracción de helio 4. A continuación, para llevar la presión de vuelta a una presión cercana al límite de presión superior p_{\max} se realiza una etapa de introducción de salmuera 5 en el volumen de almacenamiento subterráneo.

La figura 2 muestra esquemáticamente un equipo usado para controlar la presión en un volumen de almacenamiento subterráneo 6 que es una caverna de sal. El volumen de almacenamiento subterráneo 6 se llena parcialmente con un fluido incompresible 7, en concreto, salmuera, y un fluido compresible 8, en concreto, helio. El volumen de almacenamiento subterráneo 6 se usa para almacenar el fluido compresible 8 que se extraerá del volumen de almacenamiento subterráneo 6 en caso de necesidad y que debe introducirse en el volumen de almacenamiento subterráneo 6 si es necesario para almacenar el fluido compresible 8. Si es necesario introducir el fluido incompresible 7 en el volumen de almacenamiento subterráneo 6 para aumentar la presión dentro del volumen de almacenamiento subterráneo 6, esto se hace en la sección de base del volumen de almacenamiento subterráneo 6 a través de una tubería de salmuera 9 que está conectada a través de unas válvulas 10 a una bomba de introducción de salmuera 11. La bomba de introducción de salmuera 11 transporta salmuera como un fluido incompresible desde un depósito no mostrado a través de la tubería de salmuera 9 a la región inferior del volumen de almacenamiento subterráneo 6. Si tiene que extraerse fluido incompresible desde el volumen de almacenamiento subterráneo 6 al depósito, esto se hace también a través de la tubería de salmuera 9 que está conectada a través de una válvula 10 a una bomba de extracción de salmuera 12. Cabe señalar que es posible combinar las funciones de la bomba de introducción de salmuera 11 y la bomba de extracción de salmuera 12 en una sola bomba.

El fluido compresible se introduce y se extrae del volumen de almacenamiento subterráneo 6 a través de la tubería de helio 13 que termina en la sección de cabeza superior del volumen de almacenamiento subterráneo 6. El helio es más ligero que la salmuera, por lo tanto, el helio se recoge en el área de cabeza del volumen de almacenamiento subterráneo 6, mientras que la salmuera se recoge en el área inferior del volumen de almacenamiento subterráneo 6. El volumen de almacenamiento subterráneo 6 se sella a través del sello 14 para evitar la pérdida de helio.

En un primer transportador de helio 15 se proporciona una cantidad de helio en estado líquido para almacenarse en el volumen de almacenamiento subterráneo 6. Este helio líquido se vaporiza en un vaporizador 16 y, posteriormente, se comprime en un compresor 17 que se proporcionará a través de una válvula 10 y la tubería de helio a la sección de cabeza del volumen de almacenamiento subterráneo 6. En lugar de un primer transportador de helio 15, es posible, por supuesto, transportar el helio directamente desde una fuente de helio al volumen de almacenamiento subterráneo 6.

En el caso de una extracción de helio del volumen de almacenamiento subterráneo 6, el helio se guía a través de la tubería de helio 13 y una válvula 10 a una unidad 18 para deshumidificar el gas helio que comprende un tamiz molecular y, posteriormente, a una unidad 19 para la eliminación de hidrocarburos que incluye un lecho de carbón activado. Posteriormente, el gas helio se proporciona a un dispositivo de licuado 20 en el que se licua el gas helio. El gas helio licuado se proporciona a un almacenamiento de helio intermedio 21 desde el que puede llenarse a un segundo transportador de helio 22. En lugar del segundo transportador de helio 22, el helio puede proporcionarse directamente a un punto de uso.

Para controlar la presión p dentro del volumen de almacenamiento subterráneo 6, se introduce un fluido incompresible, en este ejemplo salmuera, en el volumen de almacenamiento subterráneo 6 para aumentar la presión, y se extrae del

volumen de almacenamiento subterráneo 6 para disminuir la presión en el volumen de almacenamiento subterráneo 6. De este modo, se cambia el nivel de fluido incompresible, como se muestra con la flecha 23.

5 El método de acuerdo con la presente invención permite aumentar la cantidad de fluido compresible, como el helio, almacenado en un volumen de almacenamiento subterráneo 6, por ejemplo, una caverna de sal, ajustando la presión mediante la introducción o la extracción de un fluido incompresible, como la salmuera.

Números de referencia

- 1 presión inicial
- 2 extraer salmuera
- 3 introducir helio
- 4 extraer helio
- 5 introducir salmuera
- 6 volumen de almacenamiento subterráneo
- 7 fluido incompresible
- 8 fluido compresible
- 9 tubería de salmuera
- 10 válvula
- 11 bomba de introducción de salmuera
- 12 bomba de extracción de salmuera
- 13 tubería de helio
- 14 sello
- 15 primer transportador de helio
- 16 evaporador
- 17 compresor
- 18 unidad para deshumidificar
- 19 unidad para la eliminación de hidrocarburos
- 20 dispositivo de licuado
- 21 almacenamiento de helio intermedio
- 22 segundo transportador de helio
- 23 cambio de nivel de fluido incompresible

- p presión
- $p_{\text{máx}}$ límite de presión superior
- $p_{\text{mín}}$ límite de presión inferior
- t tiempo

REIVINDICACIONES

1. Método para controlar la presión (p) en un volumen de almacenamiento subterráneo (6), en el que el volumen de almacenamiento subterráneo (6) está lleno al menos en parte de un fluido incompresible (7), en donde se monitoriza la presión dentro del volumen de almacenamiento subterráneo (6), en donde un fluido compresible (8) puede introducirse en y extraerse del volumen de almacenamiento subterráneo (6), en donde si la presión (p) dentro del volumen de almacenamiento subterráneo (6) alcanza un límite de presión superior predeterminado ($p_{\text{máx}}$) se extrae un fluido incompresible (7) del volumen de almacenamiento subterráneo (6) para reducir la presión (p) en el volumen de almacenamiento subterráneo (6); en donde si la presión (p) dentro del volumen de almacenamiento subterráneo (6) alcanza un límite de presión inferior predeterminado ($p_{\text{mín}}$) se introduce un fluido incompresible (7) en el volumen de almacenamiento subterráneo (6) para aumentar la presión (p) en el volumen de almacenamiento subterráneo (6), **caracterizado por que**, si tiene que introducirse un fluido compresible (8) en el volumen de almacenamiento subterráneo (6), las siguientes etapas se realizan alternativamente como un proceso multiciclo:
- reducir la presión (p) en el volumen de almacenamiento subterráneo (6), extrayendo el fluido incompresible (7) hasta que se alcance el límite de presión inferior ($p_{\text{mín}}$); y
 - introducir el fluido compresible (8), hasta que se alcance el límite de presión superior ($p_{\text{máx}}$).
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la introducción o la extracción del fluido compresible (8) se termina si, mientras se introduce el fluido compresible (8), se alcanza el límite de presión superior ($p_{\text{máx}}$) o si, mientras se extrae el fluido compresible (8), se alcanza el límite de presión inferior ($p_{\text{mín}}$).
3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la introducción o la extracción del fluido compresible (8) se termina siempre que se cumpla al menos una de las siguientes condiciones:
- ha transcurrido un retraso predeterminado desde el comienzo de la terminación; y
 - se ha alcanzado un nivel de presión predeterminado.
4. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido incompresible (7) se entrega a un depósito después de la extracción del volumen de almacenamiento subterráneo (6) y se entrega desde el depósito al volumen de almacenamiento subterráneo (6) para su introducción en el volumen de almacenamiento subterráneo (6).
5. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido compresible (8) es al menos uno de: nitrógeno, aire, dióxido de carbono, hidrógeno, helio y argón.
6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el fluido compresible (8) se introduce en y se extrae del volumen de almacenamiento subterráneo (6) en estado gaseoso.
7. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido incompresible (7) es al menos uno de salmuera, agua y suspensión acuosa.
8. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el fluido compresible (8) se deshumidifica después de la extracción del volumen de almacenamiento subterráneo (6).
9. Método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la deshumidificación se realiza guiando el fluido compresible a través de un tamiz molecular.
10. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que los hidrocarburos se eliminan del fluido compresible.
11. Método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el fluido compresible se guía a través de un lecho de carbón activado para la eliminación de los hidrocarburos.
12. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que los contaminantes atmosféricos, tales como oxígeno (O_2), nitrógeno (N_2), hidróxido de carbono (CO_2) se eliminan del fluido compresible mediante adsorción por oscilación de presión.
13. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el volumen de almacenamiento subterráneo (6) es una caverna de sal subterránea.
14. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que, si el fluido compresible (8) tiene que extraerse del volumen de almacenamiento subterráneo (6) se realizan las siguientes etapas al menos una vez:
- extraer el fluido compresible (8) del volumen de almacenamiento subterráneo (6), preferentemente hasta que se alcance el límite de presión inferior ($p_{\text{mín}}$); y

β) introducir el fluido incompresible (7) para aumentar la presión (p) en el volumen de almacenamiento subterráneo (6), preferentemente hasta que se alcance el límite de presión superior ($p_{\text{máx}}$).

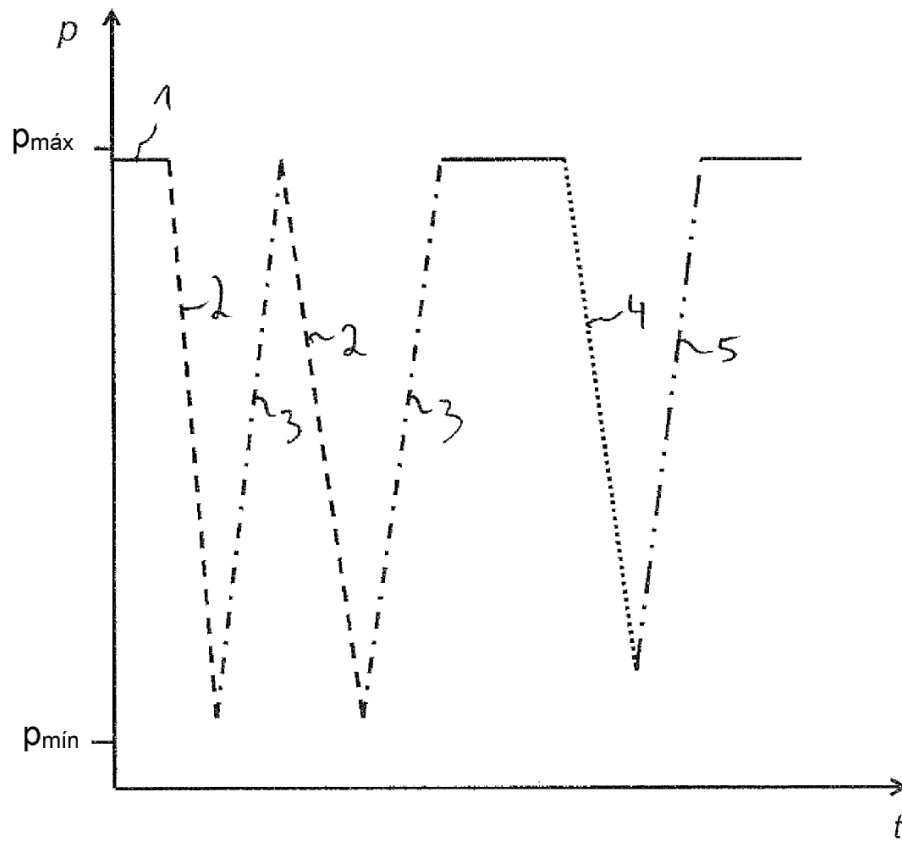


Fig. 1

