

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 209**

51 Int. Cl.:

F03G 3/00 (2006.01)

F03B 17/00 (2006.01)

H02J 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2011 E 11751813 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 2556251**

54 Título: **Instalación para el almacenamiento de energía potencial y procedimiento para la producción de una instalación de este tipo**

30 Prioridad:

19.08.2010 DE 102010034757

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

08.04.2015

73 Titular/es:

**HEINDL ENERGY GMBH (100.0%)
Wankelstrasse 14
70563 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

HEINDL, EDUARD

74 Agente/Representante:

TORNER LASALLE, Elisabet

ES 2 533 209 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

Instalación para el almacenamiento de energía potencial y procedimiento para la producción de una instalación de este tipo

5 Se conoce que puede almacenarse energía mediante la elevación de masas. El procedimiento más conocido son las centrales de acumulación por bombeo, en las que se bombea agua desde un depósito hasta un nivel más alto. En caso necesario, la energía puede volver a transformarse en energía eléctrica dejando salir el agua con una turbina dispuesta de manera intermedia. Este procedimiento tiene la desventaja de que se requiere un depósito acumulador situado a un nivel elevado, lo que requiere una cantidad de superficie considerable, y de que sólo en las montañas existen ubicaciones adecuadas. La página de Internet <http://de.wikipedia.org/wiki/Pumpspeicherkraftwerk> ofrece una buena visión general de esta técnica.

15 Una alternativa es la elevación de edificios con un sistema hidráulico, tal como se describe en la patente "Potential Energy Storage System", patente n.º: US 6.996.937 B2. La desventaja es una elevada complejidad técnica en el edificio y la cantidad de energía comparativamente reducida que puede almacenarse en relación con la complejidad. Propuestas comparables de elevar masas con grúas, tal como se describe en la solicitud de patente DE 10 2007 057 323 A1, o desplazarlas a través de vías a puntos más altos, conllevan altos costes por unidad de energía almacenada y un elevado desgaste de los sistemas.

20 El documento WO 2 004 002 897 da a conocer otro ejemplo del estado de la técnica.

25 La invención se basa en el problema de proporcionar una instalación para el almacenamiento de energía potencial y un procedimiento para la producción de una instalación de este tipo, que sean adecuados para un almacenamiento de grandes cantidades de energía de hasta el orden de magnitud de la demanda diaria de un país como Alemania y conlleven costes reducidos por unidad de energía almacenada y un desgaste reducido del sistema.

30 Este problema se soluciona mediante una instalación para el almacenamiento de energía potencial según la reivindicación 1 y un procedimiento para la producción de una instalación de este tipo con las características de la reivindicación 6. Configuraciones ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones en cada caso dependientes.

35 Una instalación según la invención para el almacenamiento de energía potencial presenta un cilindro hidráulico, una masa que debe elevarse y un anillo de estanqueidad en el borde de la masa que debe elevarse, de modo que se garantiza que en al menos un punto el espacio intermedio entre la masa que debe elevarse y la pared interna del cilindro hidráulico orientada hacia la misma está sellada frente a un paso de líquido hidráulico, en este caso en particular agua. Por tanto, la masa que debe elevarse forma un émbolo, que se guía en el cilindro hidráulico. Se indica de manera complementaria que el cilindro hidráulico también puede tener una sección transversal, que difiere de la forma circular. Sin embargo, es conveniente una sección transversal constante vista a lo largo de la longitud del cilindro hidráulico en la dirección entre la superficie terrestre y el centro de la Tierra, para evitar en la medida de lo posible un bloqueo de una masa que debe elevarse en el cilindro hidráulico.

45 Desde el punto de vista de la invención es esencial que la masa que debe elevarse sea una masa de piedra, representada por una piedra cortada, que el cilindro hidráulico esté formado por el hueco entre la roca circundante y la piedra cortada y que el hueco esté sellado por el anillo de estanqueidad con respecto a la roca circundante. A diferencia de las instalaciones conocidas para el almacenamiento de energía potencial se produce por tanto una situación, en la que la masa que debe elevarse y el cilindro hidráulico están "mecanizados de una pieza".

50 Cuando a continuación se usen los términos "arriba" y "abajo" en relación con el cilindro hidráulico y/o la masa que debe elevarse, con "abajo" quiere decirse el lado orientado hacia el centro de la Tierra y con "arriba" el lado opuesto a este lado.

55 En una forma de realización especialmente ventajosa de la invención, las posibles fluctuaciones de densidad del material dentro del volumen de la masa que debe elevarse, que son concebibles en el caso de piedras naturales, se compensan mediante la disposición de medios de lastre, que están dispuestos en el lado frontal de la masa que debe elevarse, que está orientado hacia la atmósfera, es decir el lado superior, que originariamente ha formado parte de la superficie terrestre. En particular, como medios de lastre pueden usarse tanques de agua. De esta manera puede evitarse un ladeo de la masa que debe elevarse en el cilindro hidráulico, lo que podría dificultar el movimiento del cilindro.

60 Se consigue un sellado especialmente bueno en una instalación para el almacenamiento de energía potencial, en la que el anillo de estanqueidad está formado por un cono que rodea el perímetro de la masa que debe elevarse, en el que está insertada una articulación cilíndrica, que soporta una hoja dotada de un aro de estanqueidad. Por consiguiente, mediante la presión de un líquido hidráulico se presiona el aro de estanqueidad contra la superficie de la pared del cilindro hidráulico y se consigue así un sellado. A este respecto, debido a un sellado especialmente

bueno a presiones elevadas, se prefiere especialmente una forma de realización, en la que en el lado inferior de la hoja está colocado un material flexible denso, que termina a nivel con el aro de estanqueidad y la masa que debe elevarse.

- 5 La elevación y el descenso de la masa que debe elevarse pueden tener lugar especialmente sin fricción, cuando el anillo de estanqueidad está dispuesto a la mitad de la altura de trabajo, de modo que se trata de un anillo de estanqueidad rodante.

10 El procedimiento según la invención para la producción de una instalación para el almacenamiento de energía potencial presenta al menos las siguientes etapas:

- 15 a) Excavar un pozo, que tiene al menos una profundidad H, bajo la superficie terrestre. A este respecto, la profundidad H corresponde aproximadamente a la extensión longitudinal de la masa que debe elevarse en la dirección de trabajo, es decir en la dirección entre la superficie terrestre y el centro de la Tierra. En particular, este pozo, que se pretende que sirva como pozo de suministro y de transporte para los trabajos posteriores, se encontrará por regla general convenientemente fuera de la zona que formará posteriormente la masa que debe elevarse. No es necesario alcanzar la profundidad H obligatoriamente en una única etapa de excavación, sino que también es concebible que tras excavar una parte antes de excavar o al mismo tiempo que se excava una parte adicional se realicen etapas de procedimiento adicionales. Naturalmente también pueden excavar varios pozos de este tipo, por ejemplo para reducir los trayectos de transporte.

- 20 b) Abrir al menos una primera galería horizontal en la profundidad H hasta el punto en el que debe encontrarse la pared de un cilindro hidráulico.

- 25 c) Realizar un primer túnel, que en sí mismo está cerrado, es decir cuyo principio y final pasan de uno a otro, en la montaña partiendo del punto de la primera galería horizontal, en el que debe encontrarse la pared del cilindro hidráulico. Este primer túnel preestablece convenientemente la posterior línea perimetral del cilindro hidráulico.

- 30 d) Excavar al menos una perforación desde la superficie terrestre hasta la profundidad H, estando posicionadas las perforaciones de tal manera que discurren en cada caso en perpendicular al primer túnel desde la superficie terrestre hasta el primer túnel. Estas perforaciones pueden usarse en las siguientes etapas como puntos de partida para recortar la masa que debe elevarse y la creación que lo acompaña al mismo tiempo del cilindro hidráulico y de su superficie de pared.

- 35 e) Introducir al menos una sierra de roca en las perforaciones.

- f) Cortar al menos un fragmento de la pared del cilindro hidráulico entre la superficie terrestre y el túnel con la sierra de roca. Las etapas d) a f) sirven por tanto para crear las superficies laterales del cilindro hidráulico y de la masa que debe elevarse.

- 40 g) Llevar agujeros de perforación horizontales partiendo del túnel hacia el centro del cilindro hidráulico.

- 45 h) Fragmentar la roca en la base del cilindro hidráulico, de modo que ya no existe una unión mecánica firme entre la base del cilindro y el émbolo elevador. Con las etapas g) y h) se crea la superficie de base (es decir el lado inferior) del cilindro hidráulico y de la masa que debe elevarse.

- i) Abrir un segmento de túnel entre un depósito de líquido y la base del cilindro hidráulico, de modo que puede suministrarse líquido al interior del cilindro hidráulico.

- 50 j) Fijar un anillo de estanqueidad a la masa que debe elevarse.

- k) Cerrar de manera estanca al agua la primera galería horizontal.

55 Las etapas del procedimiento pueden ejecutarse en la secuencia indicada, aunque también es posible ejecutar las etapas de procedimiento en paralelo entre sí. Por regla general es deseable una ejecución en paralelo debido al ahorro de tiempo resultante, pero requiere un mayor uso de recursos.

60 En una configuración ventajosa del procedimiento se abre al menos una galería horizontal adicional a una profundidad que es menor que H, y lleva hasta el punto en el que debe encontrarse la pared del cilindro hidráulico. Después de esto se realiza en la montaña un túnel adicional, que en sí mismo está cerrado, partiendo del punto de la primera galería horizontal, en el que debe encontrarse la pared del cilindro hidráulico, y se cierra la galería horizontal adicional de manera estanca al agua. De este modo puede aumentarse la profundidad máxima que puede conseguirse del cilindro hidráulico, que está limitada por la capacidad de rendimiento de las sierras de roca.

Una ejecución en paralelo de las etapas de trabajo puede conseguirse en particular porque al realizar las etapas e) y f) se usan al mismo tiempo varias sierras de roca en diferentes agujeros.

Como método especialmente sencillo para la realización de la etapa h) es apropiada una voladura.

5 Es especialmente deseable conseguir una distribución de peso lo más homogénea posible de la masa que debe elevarse. Por tanto, es conveniente realizar una medición de la superficie de la masa que debe elevarse creada mediante el procedimiento con un gravímetro.

10 La invención se basa en la idea básica de que se eleva una gran masa de piedra mediante un sistema hidráulico, estando representada la masa que debe elevarse por una piedra cortada preferiblemente de manera cilíndrica. El cilindro hidráulico es el hueco generado entre la roca circundante y la piedra cortada. Este hueco está sellado mediante un anillo de estanqueidad en el borde de la masa que debe elevarse con respecto a la roca circundante. El hueco se llena a través de una bomba de alta presión y una galería de unión entre la bomba y el hueco con agua procedente de un depósito. A este respecto, la masa de piedra se eleva debido a la presión del agua y almacena de este modo energía potencial (energía posicional). Esta energía potencial puede extraerse en caso necesario conduciendo el agua que se encuentra a presión a través de la galería de unión y a través de una turbina, como es habitual en las centrales de acumulación por bombeo. A partir de la energía de rotación de la turbina se obtiene electricidad de manera convencional, a través de un generador, y se transmite.

20 La ventaja de la invención consiste en particular en que la masa de piedra cortada crece a la tercera potencia del radio del sistema, la superficie de corte, que genera los principales costes de producción, pero sólo crece a la segunda potencia con el radio del sistema.

25 Esto se deduce de la ecuación para la superficie lateral M de un cilindro, cuya altura h corresponde al diámetro del cilindro:

$$M = 2 * \pi * r * h = 4 * \pi * r^2 \quad (1)$$

30 Por el contrario, la cantidad de energía almacenada crece con la cuarta potencia del radio del sistema. Esto se debe a que la posible altura de elevación crece igualmente de manera proporcional al radio del sistema.

La energía almacenada máxima se calcula a partir de la densidad de la roca ρ_1 y la densidad efectiva ρ_2 , que debe tenerse en cuenta debido a la situación hidrostática, dado que agua con densidad ρ_3 sustituye a la masa de roca. Por tanto, la densidad efectiva es:

$$\rho_2 = \rho_1 - \rho_3 \quad (2)$$

40 Es aplicable la ecuación para la energía potencial E a una altura de elevación D en el campo gravitacional de la Tierra con la constante de gravitación g para una masa m

$$E = g * m * D \quad (3)$$

45 La masa efectiva de un cilindro se calcula según

$$m = \pi * r^2 * h * \rho_2 \quad (4)$$

se sustituye la ecuación (4) en la ecuación (3), teniendo en cuenta que debe cumplirse que D = r:

$$E = g * \pi * r^2 * 2 * r * \rho_2 * r \quad (5)$$

50 se resume la ecuación (5):

$$E = g * \rho_2 * 2 * \pi * r^4 \quad (6)$$

con lo que se muestra que en este sistema la energía almacenada crece de manera proporcional a la cuarta potencia del radio del sistema.

5 El radio del sistema es, en el caso sencillo de una masa que debe elevarse cilíndrica, el radio r del cilindro; la altura h del cilindro debe corresponder al diámetro del cilindro d ($d = 2 * r$). El sellado tiene una longitud L , que es proporcional al radio del sistema ($L = 2 * \pi * r$), y por tanto en instalaciones grandes no es especialmente grande en comparación con los otros elementos.

10 A continuación se explica más detalladamente la invención mediante figuras, que representan ejemplos de realización. Muestran:

15 la figura 1: un ejemplo de realización de una instalación para el almacenamiento de energía potencial,

la figura 2: una primera fase intermedia en la realización de un procedimiento para la construcción de una instalación de este tipo,

20 la figura 3: una segunda fase intermedia en la realización de un procedimiento para la construcción de una instalación de este tipo,

la figura 4: una representación en detalle del modo de proceder al cortar la masa que debe elevarse de la piedra, y

25 la figura 5: una representación en detalle de la estructura de un anillo de estanqueidad para una instalación de este tipo.

Los mismos componentes de formas de realización idénticas están dotados en todas las figuras de los mismos números de referencia, siempre y cuando no se mencione lo contrario.

30 En la figura 1 se representa un ejemplo de realización de la invención y se describe a continuación más detalladamente. En la instalación 10 para el almacenamiento de energía potencial representada se guía un émbolo 1 elevador cortado de la piedra con el diámetro d en un cilindro 2, que se formó cortando el émbolo 1 elevador de la piedra. Entre el émbolo 1 elevador formado por la masa que debe elevarse cortado de la piedra y el cilindro 2 que sirve como cilindro hidráulico se coloca una junta 1b de estanqueidad, a la mitad del tramo h , es decir a la altura $h/2$.
35 Desde abajo, en el punto 4, a través de un sistema 5 y 6 de conducción se suministra agua al cilindro 2 con una bomba 8 desde el depósito 9. La superficie 3 pretende representar la superficie terrestre. Si el émbolo elevador se encuentra en la posición elevada (altura de elevación) D , entonces por la presión hidrostática puede fluir en todo momento agua a través de una turbina 7 de vuelta al depósito 9 y a este respecto producir electricidad en un generador 7b.

40 La cantidad de energía que puede almacenarse E depende de la altura de elevación D y de la masa efectiva m del cilindro 2 a través de la simple ecuación: $E = g * D * m$, siendo g la aceleración de la gravedad de 9,81 N/kg.

45 Para almacenar grandes cantidades de energía, la masa m debe seleccionarse de manera que sea lo más grande posible. La altura de elevación D no puede seleccionarse de manera arbitraria, dado que debe ser menor que la mitad de la longitud del cilindro h , dado que si no puede ladearse el émbolo elevador.

50 La construcción del ejemplo de realización tiene lugar mediante trabajos de minería, que se ilustran a continuación brevemente mediante las figuras 2 a 4. En primer lugar, como se representa en la figura 2, se excava un pozo 30 con una profundidad H por debajo de la superficie terrestre. Desde este pozo se abren horizontalmente dos galerías, concretamente una galería 32 en la profundidad H y una galería 31 en la profundidad $H/2$ hasta cerca de la pared 2 del cilindro planificada. Desde allí se realizan en la montaña túneles 35 y 36 circulares con un diámetro de toro correspondiente al diámetro d del émbolo 2 elevador posterior.

55 Si el pozo 30, como se representa en la figura 2, se excava adicionalmente una profundidad G , puede servir posteriormente como fragmento 6 de conducción o alojar el mismo.

60 Desde la superficie 3 terrestre se excavan varias perforaciones 41, como se representa en la figura 3, hasta la profundidad H con un radio relativamente pequeño. Estos agujeros 41 de perforación sirven para introducir sierras de roca, con las que se corta la pared del cilindro.

En la figura 4 se representa cómo entre un elemento 51a de accionamiento de sierra superior, que se encuentra sobre la superficie terrestre, y un elemento 51b de accionamiento de sierra inferior, que se encuentra en el túnel 35,

5 se sujeta una cinta 51c de sierra con dientes 51d de sierra. Accionada por el elemento 51a, 51b de accionamiento de sierra superior y/o inferior, la cinta 51c de sierra se mueve y se guía contra la pared de piedra. A este respecto, se descombra la roca y se desecha en el túnel 35. La cinta 51c de sierra puede enfriarse adicionalmente con agua, que se introduce en la parte superior con el elemento 51a de accionamiento de sierra. Los dos elementos 51a, 51b de accionamiento de cinta de sierra se guían sobre un arco circular, que corresponde al émbolo 2 elevador. De este modo se genera el émbolo 2 elevador superior cortado de manera circular. Estos trabajos pueden realizarse en paralelo en todos los agujeros 41 de perforación.

10 En paralelo a esto, desde el túnel 35 hasta el túnel 36 se guían igualmente a través de los agujeros 41 de perforación cintas de sierra adicionales y se accionan con elementos de accionamiento de cinta de sierra, que se encuentran en los túneles 35 y 36. Con ello se deja al descubierto la parte inferior del cilindro elevador. En el caso de cilindros muy altos, pueden construirse túneles toroidales adicionales, para que la longitud de las cintas de sierra no supere las posibilidades técnicas.

15 En paralelo a estos trabajos, desde el túnel 36, el túnel de base, se llevan agujeros de perforación horizontales hacia el centro del cilindro 2. Estos agujeros se llenan con explosivo y se activa el explosivo. Con ello se fragmenta la roca en la zona de la base del cilindro que se genera de este modo y ya no existe una unión mecánica firme entre la base del cilindro y el émbolo elevador.

20 En paralelo a esto se abren los segmentos 5 y 4 de túnel de la figura 1, para alcanzar la base del cilindro 2, a través de la que puede suministrarse el agua al interior del cilindro.

25 Cuando se han terminado los trabajos de aserrado, desde el túnel 35 en la figura 2 se fija el anillo 33 de estanqueidad al émbolo elevador. Después se cierran las galerías 31 y 32 de unión de manera estanca al agua. Ahora puede alimentarse agua a través de la bomba 8 y con ello almacenarse energía.

30 En la figura 5 se ilustra un anillo 33 de estanqueidad con una construcción preferida, que puede reaccionar compensando irregularidades de la pared del cilindro 2. Para ello, en un cono 52 que rodea todo el émbolo 1 elevador se inserta una articulación 53 cilíndrica, que soporta una hoja 54, que debido a la presión 58 del agua presiona con un aro 55 de estanqueidad contra la superficie 57 de la pared 2 del cilindro y con ello sella el émbolo 1 con respecto a su entorno. Para mejorar el efecto de sellado puede colocarse un material 56 flexible denso en el lado inferior de la hoja de estanqueidad, que termina a nivel con el aro 55 y el émbolo 51. Debe tenerse en cuenta que la hoja 54, debido a la gran longitud, que puede ascender a varios kilómetros, muestra un comportamiento mecánico unidimensional.

35 A continuación aparece un ejemplo de cálculo para la cantidad de energía que puede almacenarse mediante una instalación con un radio de 500 m. Con una densidad media asumida de la roca de $\rho_1 = 2500 \text{ kg/m}^3$ y según la ecuación (2) una densidad efectiva de $\rho_2 = 1500 \text{ kg/m}^3$ a partir de la ecuación (6) se obtiene

40
$$E = 9,81 \text{ N/kg} * 1500 \text{ kg/m}^3 * 2 * 3,14 * (500 \text{ m})^4$$

o calculado

45
$$E = 5.775.637.500.000.000 \text{ Julios}$$

Convertido a una unidad más habitual, kilovatio hora, por tanto pueden almacenarse 1.604.343.750 kWh en la instalación. En comparación, la generación de electricidad bruta de un día promedio en Alemania ascendió a 1.635.000.000 kWh en el año 2009, fuente BMWI (<http://bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/energiedaten.html>).

50 A partir del cálculo se deduce que la cantidad de energía almacenada es muy grande con respecto a todas las centrales de almacenamiento de energía con fuerza hidráulica comparables. A este respecto, la intervención en el medio ambiente es relativamente reducida. Sólo se bombea agua en la base, la intervención necesaria en la superficie del terreno es reducida y se limita esencialmente a la superficie del émbolo elevador. Sin embargo, éste puede verse bien debido a la elevación. Un fallo catastrófico del sistema es difícilmente concebible, dado que para ello el agua debería escapar repentinamente del sistema, lo que no es posible debido al modo de construcción, por ejemplo en comparación con una presa.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Instalación (10) para el almacenamiento de energía potencial con un cilindro (2) hidráulico, una masa (1) que debe elevarse y con un anillo (33) de estanqueidad en el borde de la masa (1) que debe elevarse, caracterizada porque la masa (1) que debe elevarse es una masa de piedra, que se representa mediante una piedra cortada, porque el cilindro (2) hidráulico está formado por el hueco entre la roca circundante y la piedra cortada y porque el hueco está sellado por el anillo (33) de estanqueidad con respecto a la roca circundante.
- 10 2. Instalación (10) para el almacenamiento de energía potencial según la reivindicación 1, caracterizada porque en el lado superior de la masa (1) que debe elevarse están dispuestos uno o varios medios de lastre.
- 15 3. Instalación (10) para el almacenamiento de energía potencial según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizada porque el anillo (33) de estanqueidad presenta un cono (52) que rodea el perímetro de la masa que debe elevarse, en el que está insertada una articulación (53) cilíndrica, que soporta una hoja (54) dotada de un aro (55) de estanqueidad, de modo que mediante la presión de un líquido hidráulico se presiona el aro (55) de estanqueidad contra la superficie (57) de la pared del cilindro (2) hidráulico y se consigue así un sellado.
- 20 4. Instalación (10) para el almacenamiento de energía potencial según la reivindicación 3, caracterizada porque en el lado inferior de la hoja (54) está colocado un material (56) flexible denso, que termina a nivel con el aro (55) de estanqueidad y la masa (51) que debe elevarse.
- 25 5. Instalación (10) para el almacenamiento de energía potencial según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el anillo (33) de estanqueidad está dispuesto a la mitad de la altura de trabajo (H/2), de modo que se trata de un anillo de estanqueidad rodante.
- 30 6. Procedimiento para la producción de una instalación para el almacenamiento de energía potencial con una masa que debe elevarse con las etapas de:
- 35 a) excavar un pozo (30) bajo la superficie terrestre, que tiene al menos una profundidad H;
- b) abrir al menos una primera galería (32) horizontal en la profundidad H hasta el punto en el que debe encontrarse la pared de un cilindro (2) hidráulico;
- 40 c) realizar un primer túnel (36), que en sí mismo está cerrado, en la montaña, partiendo del punto de la primera galería (32) horizontal, en el que debe encontrarse la pared del cilindro (2) hidráulico;
- d) excavar al menos una perforación (41) desde la superficie (3) terrestre hasta la profundidad H, estando posicionadas las perforaciones (41) de tal manera que discurren en cada caso en perpendicular al primer túnel (36) desde la superficie (3) terrestre hasta el primer túnel (36);
- 45 e) introducir al menos una sierra de roca en las perforaciones (41);
- f) cortar al menos un fragmento para formar la pared del cilindro (2) hidráulico entre la superficie (3) terrestre y el túnel (36) con la sierra de roca;
- 50 g) llevar agujeros de perforación horizontales partiendo del túnel (36) hacia el centro del cilindro (2) hidráulico que va a formarse;
- h) fragmentar la roca en la base del cilindro (2) hidráulico, de modo que ya no existe una unión mecánica firme entre la base del cilindro (2) hidráulico y la masa (1) que debe elevarse,
- 55 i) abrir un segmento (4, 5) de túnel entre un depósito de líquido y la base del cilindro (2) hidráulico, de modo que puede suministrarse líquido al interior del cilindro (2) hidráulico;
- j) fijar un anillo (33) de estanqueidad a la masa (1) que debe elevarse; y
- k) cerrar de manera estanca al agua la primera galería (32) horizontal.
- 60 7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque se abre al menos una galería (31) horizontal adicional en una profundidad, que es menor que H, hasta el punto en el que debe encontrarse la pared del cilindro (2) hidráulico, porque se realiza en la montaña al menos un túnel (35) adicional, que en sí mismo está cerrado, partiendo del punto de la galería (31) horizontal adicional, en el que debe encontrarse la pared del cilindro (2) hidráulico, y porque las galerías (31) horizontales adicionales se cierran de manera estanca al agua.

8. Procedimiento según la reivindicación 6 ó 7, caracterizado porque al realizar las etapas e) y f) se usan al mismo tiempo varias sierras de roca en diferentes agujeros (41) de perforación.
- 5 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque la ejecución de la etapa h) tiene lugar mediante una voladura.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado porque tiene lugar una medición de la superficie de la masa (1) que debe elevarse con un gravímetro.

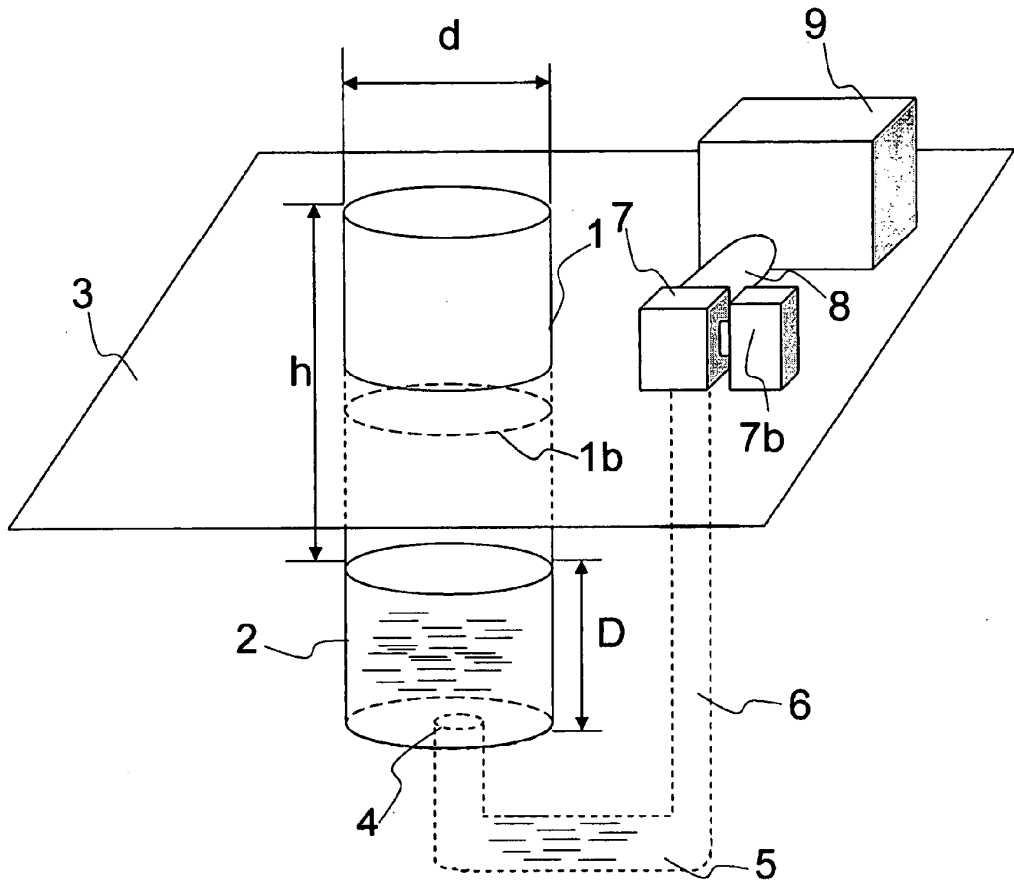


FIGURA 1

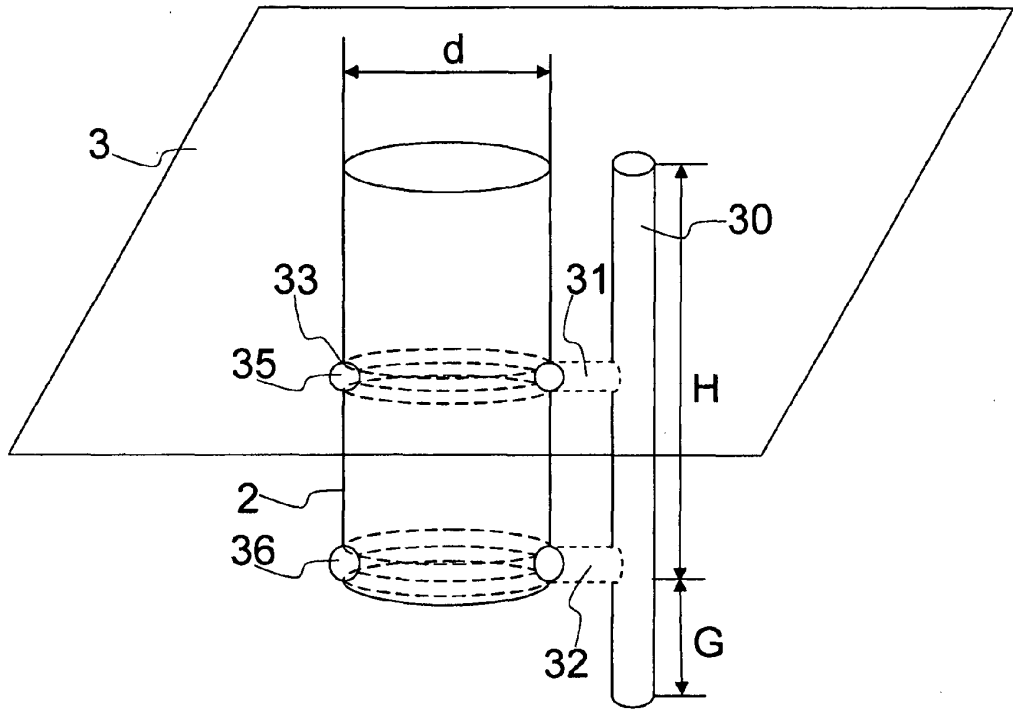


FIGURA 2

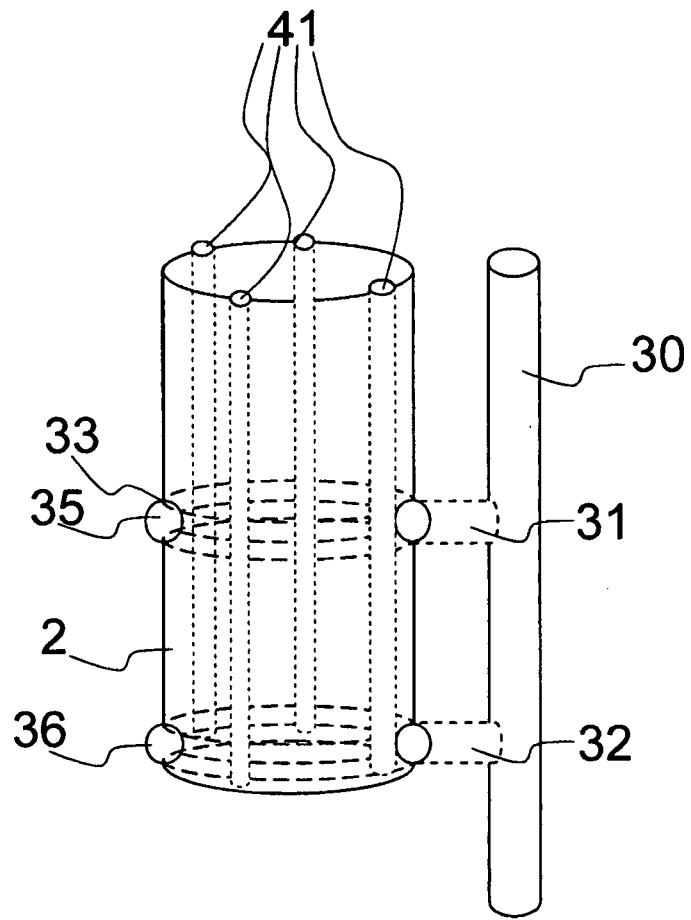


FIGURA 3

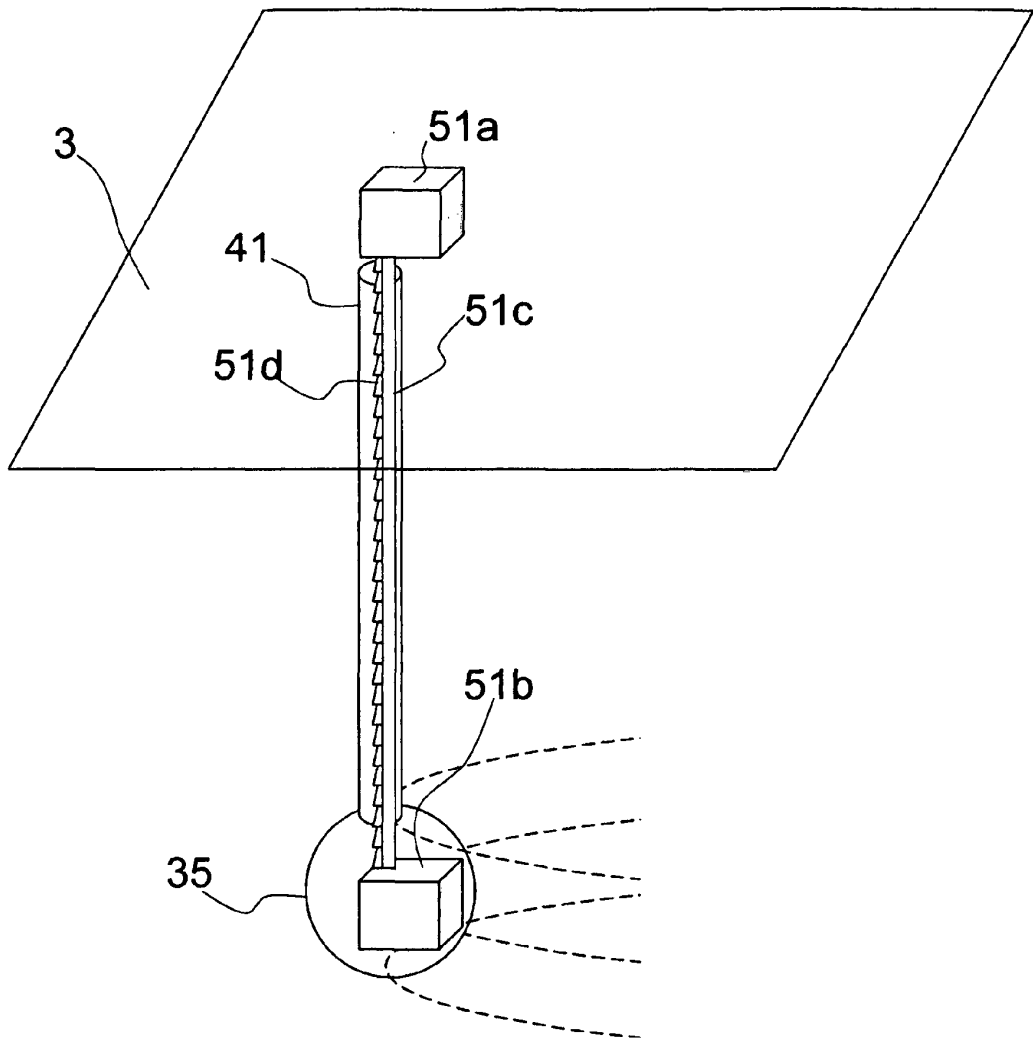


FIGURA 4

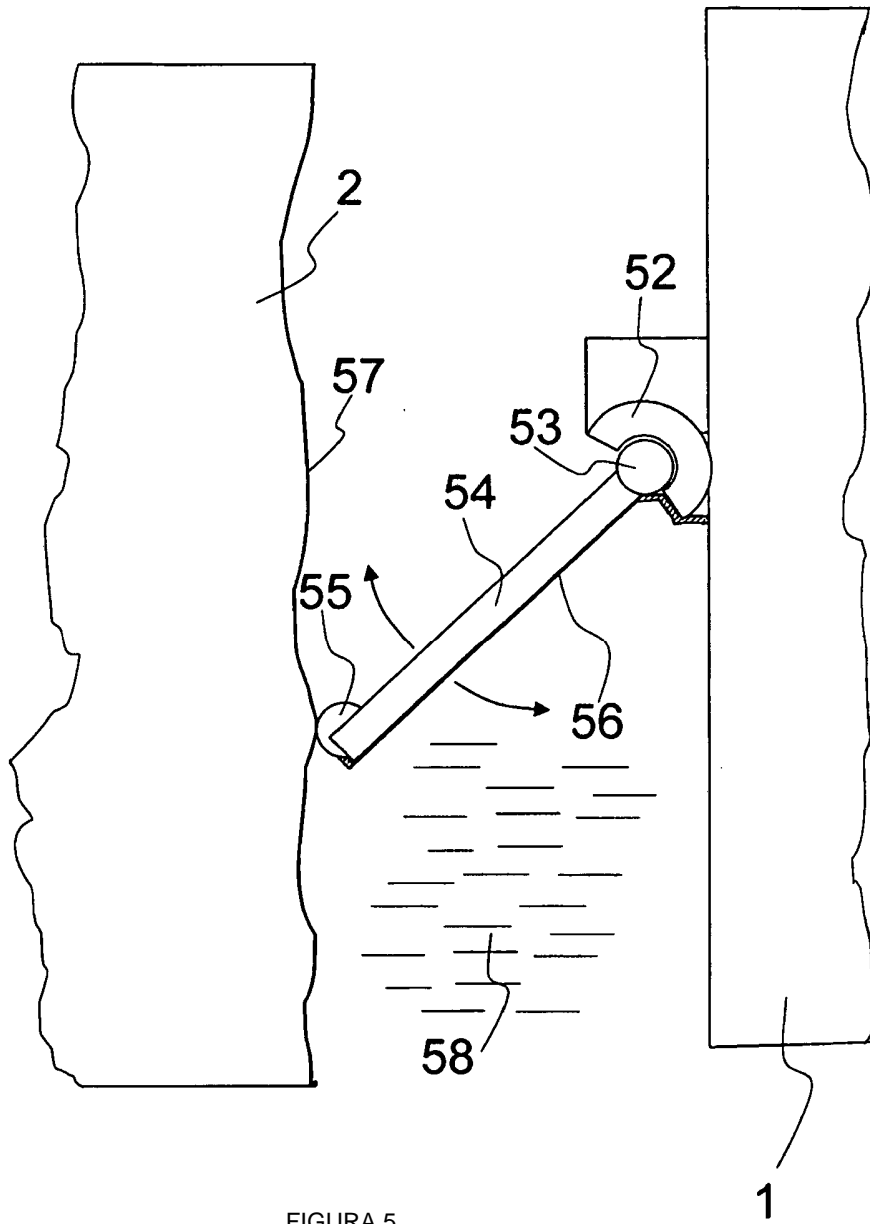


FIGURA 5