

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 947**

51 Int. Cl.:

**F24J 3/08** (2006.01)

**F28F 13/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2008 E 08015790 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2015 EP 2034252**

54 Título: **Circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico**

30 Prioridad:

**08.09.2007 DE 202007012636 U**

**14.02.2008 DE 202008002048 U**

**14.02.2008 DE 202008002034 U**

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

**01.03.2016**

73 Titular/es:

**DYNAMIC BLUE HOLDING GMBH (100.0%)**

**Am Kirchenhölzl 13**

**82166 Gräfelfing , DE**

72 Inventor/es:

**LEDWON, ANTON**

74 Agente/Representante:

**RIZZO, Sergio**

**ES 2 561 947 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

Circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico

- 5 **[0001]** La invención hace referencia a un circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico, que consta de al menos dos sondas geotérmicas. Estas sondas cumplen la función de intercambio de calor entre un fluido de transferencia de calor y la tierra donde se sitúan las sondas geotérmicas en funcionamiento. Las sondas presentan una tubería de entrada con una superficie interna dentro de ella y una superficie externa en contacto con la tierra. La sonda geotérmica también presenta una tubería de escape. La superficie interna de la tubería de escape rodea su cámara interna, y su superficie externa sobresale por fuera de la tubería de escape. En el interior de la tubería de entrada se encuentra una cámara de transferencia de calor. La cámara de transferencia de calor y la cámara de escape confluyen en un área de unión situada en un extremo inferior de la sonda geotérmica permitiendo la transmisión de fluidos. La sonda geotérmica también consta de un tubo alimentador conectado con la cámara de transferencia de calor de tal forma que se permita el paso de fluidos, así como de un tubo de desagüe conectado de la misma forma con la cámara de la tubería de escape, ambos situados en un extremo superior de la sonda geotérmica. Gracias a esta disposición, un fluido de transferencia de calor se puede conducir a través de la tubería de entrada y de la tubería de escape logrando así que se efectúe el intercambio de calor entre el fluido de transferencia de calor y la tierra, por lo menos a través de la tubería de entrada.
- 10
- 15
- 20 **[0002]** Esta invención se remite a los documentos de modelos de utilidad DE 20 2007 012 636 U1, DE 20 2008 002 048 y DE 20 2008 002 034.
- [0003]** Se pueden construir las sondas geotérmicas en forma coaxial o en forma de U. Las sondas geotérmicas en forma de U constan de una tubería de entrada que desciende hasta incrustarse en la tierra y que presenta un área de unión en el extremo inferior donde se conecta con la tubería de escape permitiendo el paso de fluidos. Por lo tanto, el fluido de transferencia de calor desciende por la tubería de entrada hasta llegar al área de unión, donde asciende por la tubería de escape y abandona la sonda geotérmica. En las sondas geotérmicas coaxiales la tubería de entrada es también una tubería externa de la sonda y la tubería de escape una tubería interna situada en el interior de la tubería de entrada. En el exterior de la tubería interna de la sonda y en el interior de la tubería externa de la sonda se encuentra una cámara anular que aloja el área de transferencia de calor. La posición de la tubería externa de la sonda con respecto a la tubería interna es por tanto coaxial. En las sondas geotérmicas coaxiales, el área de unión se construye a través de una abertura en la tubería interna, de forma tal que en la cámara anular situada en la tubería externa, el fluido de transferencia de calor existente pueda fluir hacia la tubería interna. La tubería externa de la sonda corresponde a la sonda exterior detallada en DE 20 2008 002 048.
- 25
- 30
- 35
- [0004]** El recorrido por la sonda geotérmica propicia una transferencia de calor entre el fluido de transferencia de calor y la tierra. La transferencia de calor se efectúa principalmente por convección. El calor se emitirá o se absorberá dependiendo de si la sonda geotérmica se utiliza en un proceso de enfriamiento o de calentamiento. Además, hay que mencionar que las sondas geotérmicas correspondientes se colocarán a una profundidad de hasta 100 m dentro de la tierra.
- 40
- [0005]** Por lo general se utilizan varias sondas geotérmicas en un circuito cerrado para la transferencia de calor geotérmico. Este circuito cerrado también presenta por lo general una bomba y un intercambiador de calor. Mediante la bomba se propicia la circulación del fluido de transferencia de calor por el interior del circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico. A este efecto se pueden conectar las sondas geotérmicas de forma paralela, en serie o formando una combinación de ambas. En el intercambiador de calor se transfiere la diferencia de temperatura obtenida entre el fluido de transformación de calor recibido y el enviado a un segundo circuito cerrado de fluidos.
- 45
- 50
- [0006]** La diferencia de temperatura entre el fluido de transferencia de calor que entra en la sonda geotérmica y el que sale se denominará a partir de ahora gradiente de temperatura en aquellos momentos en los que esta denominación facilite la comprensión. De la tierra se extrae una corriente térmica o una potencia térmica.
- 55
- [0007]** Por lo general, en el momento en el que el fluido de transferencia de calor se introduce en la tierra a través del tubo alimentador, la compresión obliga a este fluido a recorrer la sonda geotérmica en toda su longitud dos veces. La cantidad de fluido de transferencia de calor que recorre el interior de la sonda geotérmica por tiempo se denomina flujo volumétrico. En el extremo inferior de la sonda geotérmica el fluido de transferencia de calor vuelve a salir hacia arriba a través de la tubería interna de la sonda y puede extraerse mediante un tubo de desagüe. Se comprende que la tubería interna de la sonda también puede conectarse al tubo alimentador y que la tubería externa de la sonda se puede conectar al tubo de desagüe.
- 60

- 5 **[0008]** En las sondas geotérmicas cuya longitud o profundidad es inferior a 100 m, la diferencia de temperatura entre el fluido de transferencia de calor que se introduce en la sonda y el que sale de ella asciende a pocos grados Kelvin. Generalmente la temperatura de entrada oscila entre los -2 °C y 1 °C, mientras que la temperatura de salida varía entre los 2 °C y 5 °C. Con estos valores es obvio que la diferencia de temperatura es bastante limitada, por lo que el fluido de transferencia de calor que sale de la sonda geotérmica no es apta para calentar una vivienda, por ejemplo. En otras palabras, existe una potencia térmica que se extrae de la tierra, pero esta aún no se puede utilizar para calentar una vivienda, porque el fluido de transferencia de calor que se extrae de la tierra está demasiado frío.
- 10 **[0009]** Sin embargo, la potencia térmica puede ser aprovechable con la ayuda de una bomba de calor. En una bomba de calor se utiliza la potencia térmica suministrada con una baja temperatura para evaporar un medio de calor situado en el segundo circuito cerrado de fluidos mediante un evaporador. En este caso el evaporador es un componente en el que el bajo nivel de calor obtenido de la sonda geotérmica se suministra a la bomba de calor. A continuación el fluido de transferencia de calor extraído de las sondas geotérmicas alcanza el  
15 intercambiador de calor y transfiere su calor al segundo circuito cerrado de fluidos. Después se incorpora el medio de calor a una bomba, que comprime este medio de calor, cuyo estado es en ese momento gaseoso, conduciéndolo a un nivel de presión superior. Con ello se calienta el medio de presión gaseoso y este calor puede utilizarse para la calefacción de una vivienda. Al ceder su calor a una vivienda, el medio de calor se enfría y se condensa. La presión disminuye entonces hasta alcanzar un bajo nivel. A continuación se introduce en el  
20 evaporador de la bomba de presión y se consigue cerrar un circuito de bomba de calor. Sin embargo, hay otros tipos de bombas de calor que no funcionan como se ha descrito anteriormente. Los expertos en la materia conocen todos estos modelos. Se puede prescindir del fluido de transferencia de calor en las sondas geotérmicas si el mismo medio de calor circula a través de las sondas geotérmicas.
- 25 **[0010]** Por lo general, como en el modelo descrito en WO 2006/111655 A 1, los circuitos cerrados de transferencia de calor geotérmico disponen de varias sondas geotérmicas, ya que la diferencia de temperatura aprovechable de una sonda no suele ser suficiente para evaporar el medio de calor en el segundo circuito cerrado de fluidos. Incluso cuando las sondas geotérmicas son aptas para el almacenamiento de calor de la tierra, para añadir una bomba de calor al proceso es preferible aumentar el gradiente de temperatura alcanzable  
30 por las sondas geotérmicas comunes. Especialmente en las sondas geotérmicas cuya longitud no supera los 70 m, el gradiente de temperatura alcanzable suele ser insuficiente. Además, en algunas regiones la profundidad de perforación permitida está restringida, por ejemplo en caso de que haya que proteger aguas subterráneas. En estas regiones no tiene sentido instalar sondas geotérmicas que solo trabajen de forma efectiva una vez superados los 70 m de profundidad.
- 35 **[0011]** Por ello se ha desarrollado esta invención. El objetivo de esta es mejorar la eficiencia de los circuitos cerrados de transferencia de calor geotérmico.
- 40 **[0012]** Esto se consigue con un circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico que cumpla con las condiciones detalladas en la reivindicación 1 de esta patente. Esta reivindicación adjunta describe una configuración recomendable de la invención. La descripción detalla y especifica la invención, especialmente en conjunto con las figuras.
- 45 **[0013]** Un circuito cerrado de sondas geotérmicas configurado según la invención dispone al menos de dos sondas geotérmicas, cada una de ellas con un medio encargado de producir turbulencia en el fluido de transferencia de calor, instalado en la cámara de transferencia de calor.
- 50 **[0014]** El medio para producir turbulencia en el fluido de transferencia de calor logra crear un flujo al menos parcialmente turbulento en el interior de la cámara anular. Sorprendentemente, se ha demostrado que al aumentar el flujo volumétrico conducido por una sonda geotérmica también aumenta el gradiente de temperatura. Esto era algo desconocido hasta ahora. Un aumento del flujo volumétrico conduce habitualmente a una menor diferencia de temperatura entre el fluido de transferencia de calor que entra y el que sale. Hasta ahora se pensaba que no se podía lograr una mayor temperatura extraída de la tierra con sondas geotérmicas. La forma  
55 más habitual de aumentar este gradiente de temperatura era con una perforación más profunda y una sonda geotérmica de mayor longitud.
- 60 **[0015]** Al prever un medio para generar turbulencia en el fluido de transferencia de calor se puede reducir la longitud que necesita la sonda geotérmica para lograr un rendimiento suficiente y se permite también instalar sondas geotérmicas en regiones donde la profundidad de perforación está restringida por ley. El rendimiento se ve mejorado, ya que se aumenta la diferencia de temperatura entre el fluido de transferencia de calor que entra y el que sale en cada recorrido de este fluido por la sonda geotérmica.
- 65 **[0016]** Como fluido de transferencia de calor se suele utilizar el agua. Debido a que, especialmente en los meses fríos de invierno, las temperaturas pueden ser inferiores a cero grados centígrados, es habitual añadir un anticongelante. Debido entre otros factores a la anomalía del agua, sus propiedades varían dependiendo de la

temperatura. Por ejemplo, la densidad del agua alcanza su valor más elevado a 4 °C. En las sondas geotérmicas que carecen de medios para generar turbulencia en el fluido de transferencia de calor, este cambio en las propiedades intrínsecas del agua se manifiesta en forma de flujo laminar con capas a distinta temperatura. Las capas a distinta temperatura discurren de forma paralela por la superficie externa de la tubería de entrada. En los alrededores de la superficie interna de la tubería de entrada se encuentran capas de mayor temperatura que se mezclan con dificultad con las capas situadas más cerca de la tubería de escape. Por lo tanto el propio fluido de transferencia de calor actúa como aislador. Esto es sorprendente debido a la longitud considerable de las sondas geotérmicas habituales, ya que en otros campos de la técnica es relativamente complicado impedir turbulencia en un flujo, por lo que se concluía que la mezcla formada en las sondas geotérmicas es lo suficientemente buena.

**[0017]** Además del argumento esgrimido anteriormente, hasta ahora había más razones para no utilizar medios que generen turbulencia en el fluido de transferencia de calor de las sondas geotérmicas. Por ejemplo, un flujo turbulento da lugar a una fricción muy elevada, lo que conlleva un elevado arrastre. Este elevado arrastre tiene la desventaja de que para poder transportar el fluido de transferencia de calor se requiere una diferencia de presión antes y después de la sonda geotérmica bastante elevada, solo alcanzable con una tubería externa de la sonda mayor de 20 m. Por lo tanto, se pensaba que con una bomba de alimentación se podría lograr un rendimiento relativamente alto que facilitara la diferencia de presión antes y después de la sonda geotérmica. Esta diferencia de presión es necesaria para favorecer un flujo volumétrico a través de la sonda geotérmica al fluido de transferencia de calor. El inventor se percató de que la diferencia de presión necesaria no es muy elevada. Por ejemplo, para lograr que tres sondas geotérmicas instaladas una tras otra recibieran un flujo de entre 10 y 14 metros cúbicos de agua a la hora, solo es necesaria una diferencia de presión de entre 0,1 y 0,3 bar, por lo que la bomba únicamente necesita de 100 a 300 W de corriente para lograr esta diferencia de presión.

**[0018]** El medio encargado de producir turbulencia en el fluido de transferencia de calor debe estar modelado con una hoja productora de turbulencia. Con hoja productora de turbulencia la invención se refiere a un elemento plano construido de forma helicoidal que rodea la tubería interna de la sonda como una hélice. Habitualmente, al montar una sonda geotérmica, se añade la tubería externa de la sonda a partir de una bandeja previamente perforada antes de instalar la tubería interna de la sonda. Una ventaja de este diseño es que la hoja productora de turbulencia se conecta a la tubería interna de la sonda. La invención propone instalar varios medios que generan turbulencia en el fluido de transferencia de calor, o lo que es lo mismo, varias hojas productoras de turbulencia en la cámara anular.

**[0019]** Las hojas productoras de turbulencia se instalan en un manguito modelado como una sección cilíndrica en el que la perforación se realiza con una rosca interna. La superficie interna del manguito se corresponde con la forma de la tubería interna de la sonda sobre la cual se puede desplazar para facilitar el montaje. Por ello, el manguito se puede desplazar siguiendo la dirección de un eje longitudinal de la tubería interna de la sonda geotérmica para posicionar el medio que genera turbulencia en el fluido de transferencia de calor a lo largo de la tubería interna de la sonda. El eje longitudinal se desplaza principalmente de manera paralela a las tuberías interna y externa de la sonda. En la rosca interna se puede insertar un tornillo, por ejemplo un tornillo prisionero, que permite que el manguito al que se le instala el medio que genera turbulencia en el fluido de transferencia de calor se conecte con la tubería interna de la sonda a prueba de deslizamientos.

**[0020]** La invención propone una configuración práctica donde la hoja productora de turbulencia presenta un tope en su superficie que facilita la creación de un flujo turbulento en el fluido de transferencia de calor.

**[0021]** La invención también propone que los medios que generan turbulencia en el fluido de transferencia de calor estén instalados sobre la tubería interna de la sonda por tramos. Entre ellos hay tramos sin medios que generen turbulencia en el fluido de transferencia de calor. Para un mejor rendimiento, los tramos donde no haya medios que generan turbulencia en el fluido de transferencia de calor deben ser más largos que los tramos donde sí los haya. Por una parte, este modelo ahorra recursos, y por otra, se ha demostrado que una ordenación por tramos de los medios que generan turbulencia en el fluido de transferencia de calor es suficiente para mantener el flujo del fluido de transferencia de calor turbulento incluso en los tramos sin dichos medios.

**[0022]** La invención también propone que los tramos de la sonda geotérmica entre los medios que generan turbulencia en el fluido de transferencia de calor se fabriquen en una superficie lisa. A través de un medio que genera turbulencia en el fluido de transferencia de calor en un tramo, se permite que el flujo también sea parcialmente turbulento en el tramo liso.

**[0023]** La tubería interna de la sonda presenta un diámetro (di) y la tubería externa de la sonda un diámetro (da), entendidos como el diámetro interior. Es recomendable que la relación entre di y da oscile entre 0,2 y 0,7. Lo más recomendable es que la relación entre di y da oscile entre 0,25 y 0,35. Con ello se consigue que la cámara anular tenga una superficie mayor que la de la cámara interna de la tubería de escape situada en la tubería interna de la sonda. Además, esto logra que la velocidad de flujo sea mayor en la cámara interna de la tubería de escape que en el interior de la cámara anular donde tiene lugar la transferencia de calor. El fluido de transferencia de calor, por lo tanto, fluye por el interior de la cámara anular con una velocidad proporcionalmente

reducida, y durante un período de tiempo relativo se encuentra en la cámara anular en contacto con la tubería externa de la sonda. En el interior de la cámara interna de la sonda, la velocidad del fluido de transferencia de calor debe ser lo más alta posible para que el fluido ascendente no se enfríe al entrar en contacto con el fluido entrante del tramo superior, aún frío. Esto mejora aún más la eficiencia de una sonda geotérmica.

**[0024]** La invención también propone que la tubería interna de la sonda esté aislada térmicamente. El aislamiento puede llevarse a cabo siguiendo alguno de los medios conocidos. Por ejemplo, la tubería interna de la sonda puede ser de doble capa. También puede estar fabricada en un material que posea un coeficiente de transferencia de calor relativamente estrecho. El aislamiento de la tubería interna logra que el fluido de transferencia de calor que aumenta en la sonda geotérmica no se enfríe al entrar en contacto con el fluido existente en la cámara anular.

**[0025]** Las sondas geotérmicas presentan una tapa conectora en la que el tubo alimentador realiza una conexión que permite el paso de fluidos a la cámara anular y donde el fluido de desagüe se desvía para unirse a la tubería interna de la sonda. La tapa conectora crea pues una especie de intersección entre el área de la sonda geotérmica que permanece bajo tierra y el área que debe ser accesible desde el exterior. Para un mayor rendimiento, tanto el tubo alimentador como el tubo de desagüe deben contar con un medio que fije la conducción del fluido de transferencia de calor. Una configuración sencilla es aquella en la que la tapa conectora se conecta a la tubería externa de la sonda y forma una cámara anular.

**[0026]** Se utilizan varias sondas para aumentar la conducción de calor extraída de la tierra. En la actualidad se conocen dos posibilidades de conexión. En el llamado sistema Tichelmann se instalan varias sondas geotérmicas de forma paralela. Esto quiere decir que hay una pequeña cantidad del fluido de transferencia de calor, como por ejemplo un litro, que se desvía mediante una conexión en forma de T dando lugar a tres cantidades iguales. Cada una de estas cantidades recorren una sonda geotérmica para acabar confluyendo. Esto permite que se produzca un aumento en la temperatura del fluido de transferencia del calor. Una desventaja del sistema Tichelmann es que el período de permanencia del litro durante una vuelta a través de las sondas geotérmicas instaladas de forma paralela es más corto que en otros modelos, como por ejemplo en un circuito en serie.

**[0027]** El circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico de la invención emplea un circuito en serie (sistema Ledwon). En un circuito en serie, una pequeña cantidad de fluido de transferencia de calor recorre cada sonda geotérmica en orden. La duración que cada cantidad de fluido de transferencia de calor, por ejemplo un litro, permanece dentro de cada sonda geotérmica en relación con el flujo volumétrico es tres veces mayor a esta duración en el sistema Tichelmann, ya que el litro fluye por cada sonda geotérmica en orden. La duración de permanencia del fluido de transferencia de calor en la cámara anular de la sonda geotérmica debe ser lo más larga posible, porque la diferencia de temperatura entre la tierra y el fluido de transferencia de calor es relativamente baja y la transferencia de calor por lo tanto no se imposibilita en poco tiempo. Además se da un bajo arrastre en las sondas geotérmicas, a diferencia de lo que ocurre con el sistema Tichelmann.

**[0028]** De las configuraciones descritas anteriormente se puede entender que la misma cantidad de flujo volumétrico de fluido de transferencia de calor en la que un circuito paralelo (sistema Tichelmann) almacena menos calor que un circuito en serie (sistema Ledwon) necesitará sin embargo la ayuda de una bomba si desea producir el mismo flujo volumétrico.

**[0029]** En el circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico con varias sondas geotérmicas que propone la invención, la tapa conectora de cada sonda geotérmica cuenta con una ventilación. La ventilación dispone de una abertura de ventilación que desemboca en un conducto de ventilación. El conducto de ventilación presenta una válvula de ventilación sobre la que se puede desviar la cantidad existente de aire en un componente que permita la conducción de líquidos. Con componentes que permitan la conducción de líquidos, la invención se refiere a un componente en el que el fluido de transferencia de calor se instale, o que conduzca parte de este fluido. También en el tubo alimentador se debe encontrar una abertura de ventilación con conducto de ventilación y una válvula de ventilación.

**[0030]** Un modelo sencillo de configuración es aquel en el que la válvula de ventilación presenta un cierre de rosca que a la vez permite que la tubería externa de la sonda se rellene con el fluido de transferencia de calor. Al menos desde la tubería externa de la sonda se puede conducir aire sobre la abertura de ventilación. El aire que se encuentra en la tubería interna de la sonda se puede conducir hacia el interior de la tubería externa de la siguiente sonda geotérmica, en el caso de un circuito en serie de varias sondas geotérmicas.

**[0031]** Para un mayor rendimiento la abertura de ventilación que desemboca en el conducto de ventilación debe estar situada en el punto de mayor altura geodésica de la tapa conectora. Para ello la tapa conectora debe estar instalada de tal manera que durante la ventilación se rellene con el fluido de transferencia de calor ascendente sin que queden restos de aire en la tapa conectora.

**[0032]** El fluido de transferencia de calor se conduce a través de la sonda o sondas por medio de una bomba que lo vuelve a conducir a través de la bomba de calor. Para que esto sea posible se requiere una cierta sobrepresión de aproximadamente entre 0,1 y 0,5 bar. Esta presión se puede utilizar para ventilar las sondas geotérmicas. Es recomendable que la válvula de ventilación no esté situada directamente en la sonda geotérmica, sino con varios metros de separación y a una mayor altura geodésica. La abertura de ventilación se conecta a la tapa conectora mediante un conducto de ventilación diseñado como conducto cilíndrico de poco grosor. Un ejemplo de configuración simple es aquella en la que la válvula de ventilación se instala dentro de una vivienda desde la que puede realizar sus funciones. Para ventilar las sondas geotérmicas el usuario solo tiene que abrir la válvula de ventilación y mientras esta permanezca abierta no se escapará el aire.

**[0033]** La invención también propone que la tapa conectora cuente con una hendidura donde se pueda encajar la tubería interna de la sonda. En el montaje de la pieza, la tapa conectora se moldea cubriendo la tubería externa de la sonda. Es recomendable que también se diseñen unas juntas que propicien un sellado impermeable de la unión entre la tubería externa de la sonda y la tapa conectora.

**[0034]** La invención también propone que la tapa conectora presente un serpentín en el área en el que la tapa conectora cubra la tubería externa de la sonda. El serpentín puede constar de un alambre eléctrico que atraviese la tapa conectora a través de dos puntos de conexión para llegar al exterior. En los puntos de conexión se puede instalar una corriente eléctrica que facilite que se suelde el material de la tapa conectora, normalmente plástico. Gracias a esta soldadura la tapa conectora puede sellarse de forma impermeable a la tubería externa de la sonda.

**[0035]** La invención propone que el aislamiento de la tubería interna solo esté situado en tramos, por ejemplo en el interior del tramo superior. De este modo se puede ahorrar material. Además, en el área inferior de la sonda geotérmica la diferencia de temperatura entre el fluido de transferencia de calor que sale y el que entra no es tan elevada como en el área superior de la sonda geotérmica.

**[0036]** Para un mayor rendimiento, el extremo inferior de la sonda geotérmica situado dentro de la tierra debe constar de un pie de sonda instalado. El pie de sonda sella la sonda geotérmica frente lo que la rodea. Está configurado de tal forma que cuando la sonda geotérmica, en su descenso por una abertura previamente perforada, llegue a ese punto especialmente crítico no gane permeabilidad. Para ello el pie de sonda debe tener un diseño cónico y puntiagudo. El pie de sonda debe situarse sobre el extremo de la tubería externa de la sonda y unirse a ella de forma impermeable.

**[0037]** En las siguientes descripciones de las figuras se describen otras ventajas y rasgos de la invención. Son las siguientes:

Fig. 1: una representación esquemática de una sonda geotérmica con tapa conectora, tubería interna de sonda y tubería externa, en la que alrededor de la tubería interna se encuentra un medio que genera turbulencia en el fluido de transferencia de calor,

Fig. 2: una representación esquemática de un circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico con varias sondas geotérmicas en serie,

Fig. 3: la representación de un circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico como el de la figura 2 en vista de perfil en el que las sondas geotérmicas están introducidas en la tierra y conectadas en el circuito a un intercambiador de calor y una bomba, donde las sondas geotérmicas están colocadas en serie.

Fig. 4: la representación esquemática de un circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico no correspondiente a la invención, en vista de planta, con sondas geotérmicas conectadas en el circuito a un intercambiador de calor y una bomba, donde las sondas geotérmicas están colocadas de forma paralela, y

Fig. 5: la representación esquemática de un circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico no correspondiente a la invención, en vista de planta, con una batería de distribución en la que discurren a la vez los conductos necesarios para la alimentación de tres sondas geotérmicas.

**[0038]** La figura 1 muestra una representación esquemática de una sonda geotérmica 1. El fluido de transferencia de calor se conduce hacia el interior de una tubería externa de la sonda 9 mediante un tubo alimentador 2. La tubería externa de la sonda 9 es un componente cilíndrico cuyo diámetro (da), medido en la superficie interna de la tubería de entrada 30. En su exterior, la tubería externa de la sonda presenta la superficie externa de la tubería de entrada 31, que penetra en la tierra 25. De forma concéntrica a la tubería externa de la sonda 9 y dentro de la misma se sitúa la tubería interna de la sonda 8. Esta es cilíndrica y presenta en la superficie que se dirige hacia el interior una superficie interna de la tubería de escape 26, y en su superficie que

se dirige hacia el exterior una superficie externa de la tubería de escape 27. El fluido de transferencia de calor desciende por el interior de una cámara anular 33 en la sonda geotérmica 1. La cámara anular 33 está limitada horizontalmente por la superficie interna de la tubería de entrada 30 y la superficie externa de la tubería de escape 27; y verticalmente por el área de unión 36 y el extremo superior 38 de la sonda geotérmica 1. En el área del extremo superior 38, el tubo alimentador 2 se inserta en la cámara anular 33 permitiendo el paso de fluidos, mientras que en el área de unión 36, la cámara anular 33 se inserta en la cámara de la tubería de escape 34 permitiendo el paso de fluidos. La cámara de la tubería de escape 34 está limitada horizontalmente por la superficie interna de la tubería de escape 26 y verticalmente por el área de unión 36 y el tubo de desagüe 15, a los que la cámara de la tubería de escape 34 permite el paso de fluidos.

**[0039]** En un extremo superior 38 se instala una tapa conectora 3 a la tubería externa de la sonda 9. A través de ella, el tubo alimentador 2 puede conectarse con la cámara anular 33 y el tubo de desagüe 15 con la cámara de la tubería de escape 34, permitiendo el paso de fluidos. La tapa conectora 3 forma la intersección entre el área de la sonda geotérmica 1 que permanece bajo tierra 25 y el área que debe ser accesible desde el exterior. Para un mayor rendimiento, tanto el tubo alimentador 2 como el tubo de desagüe 15 deben contar con un medio que fije la conducción del fluido de transferencia de calor. Una configuración sencilla es aquella en la que la tapa conectora 3 se inserta y se sella sobre la tubería externa de la sonda 9. La tapa conectora presenta un serpentín 12, construido a partir de un alambre eléctrico. Se puede conducir una corriente mediante unos conectores 5 a través del serpentín 12, para calentar el serpentín.

**[0040]** La sonda geotérmica 1 se encuentra introducida en la tierra 25 cuando está en funcionamiento. La sonda geotérmica 1 se encuentra a entre 15 y 25 m de profundidad en la tierra 25. La sonda geotérmica 1 presenta una longitud (L) que se corresponde con la profundidad deseada de entre 15 y 25 m. El fluido de transferencia de calor alcanza una potencia de calor proveniente de la tierra 25 al entrar en la cámara anular 33. La tubería externa de la sonda 9 está fabricada para ello con un material que presenta un coeficiente de transferencia de calor proporcionalmente alto. Por ejemplo se puede utilizar polietileno de alta densidad, abreviado PEAD. El fluido de transferencia de calor aumenta por la tubería interna de la sonda 8 y alcanza el tubo de desagüe 15 para abandonar la sonda geotérmica 1 y regresar a los conductos 23 que se describen en la figura 2.

**[0041]** En un extremo inferior 38 de la sonda geotérmica 1 se instala un pie de sonda 19 con forma cónica y puntiaguda. El pie de sonda 19 se sitúa en un extremo de la sonda geotérmica 1 para facilitar la introducción de esta en un agujero perforado. El pie de sonda 19 puede conectarse a la tubería externa de la sonda 9 mediante un proceso de soldadura térmica, como por ejemplo una soldadura a tope.

**[0042]** La cámara de la tubería de escape 34 tiene una forma principalmente lisa. En la cámara anular 33, fuera de la tubería interna de la sonda 8, es decir, en el interior de la tubería externa 9, se encuentra un medio que genera turbulencia en el fluido de transferencia de calor.

**[0043]** Los medios que generan turbulencia en el fluido de transferencia de calor pueden aparecer en tramos separados. Los medios que generan turbulencia en el fluido de transferencia de calor están formados por unas hojas productoras de turbulencia 10 que oscilan de forma helicoidal alrededor de la tubería interna de la sonda 8. Se pueden extender hasta abarcar casi toda la longitud de la tubería interna de la sonda 8, pero también pueden situarse por zonas. Una hoja productora de turbulencia 10 puede conectarse a la tubería interna de la sonda 8 mediante un manguito 11. Para bloquear el manguito 11 se diseña una perforación 7 con una rosca interna. En esta perforación 7 con rosca interna se puede colocar un tornillo prisionero.

**[0044]** Conviene que las hojas productoras de turbulencia 10 presenten topes 6 en su superficie. Los topes 6 sirven para crear turbulencia adicional en el fluido de transferencia de calor.

**[0045]** La tubería externa de la sonda 9 presenta habitualmente un espesor en sus paredes ( $w_a$ ) de entre 2,5 y 5 mm. Preferiblemente este espesor ( $w_a$ ) debería oscilar entre los 3,2 y los 3,8 mm. El diámetro interior de la tubería externa de la sonda 9 debe oscilar preferiblemente entre los 100 y los 180 mm. El diámetro interior ( $d_i$ ) de la tubería interna de la sonda 8 debe oscilar preferiblemente entre los 20 y los 50 mm. La relación entre el diámetro ( $d_i$ ) de la tubería interna de la sonda 8 con el diámetro ( $d_a$ ) de la tubería externa de la sonda 9 debe por tanto oscilar entre 0,2 y 0,7, preferiblemente con un valor entre 0,25 y 0,35. Esto propicia que la cámara anular 33 presente una superficie relativamente amplia, con lo que el fluido de transferencia de calor entrante se puede mover a la menor velocidad posible. Al mismo tiempo se garantiza que el diámetro ( $d_i$ ) de la tubería interna de la sonda 8 no sea demasiado pequeño y que no se genere una resistencia demasiado fuerte.

**[0046]** El proceso de fabricación de una sonda geotérmica para este uso sigue unos pasos que se enumeran a continuación: Se perfora un agujero de entre 15 y 20 m en la tierra 25, en la zona deseada; se instala la tubería externa de la sonda 9 con su extremo inferior 39 o con el pie de sonda 19 colocado junto a ella; se introduce la tubería interna de la sonda 8 con las hojas productoras de turbulencia 10; se coloca una tapa conectora 3 sobre la tubería interna 8, teniendo en cuenta que la tubería interna 8 debe constar en su extremo superior con un segundo manguito 35, conectado a una sección de la tubería interna 29 que pasa por la tapa conectora 3,

permitiendo el paso de fluidos; se coloca la tapa conectora 3 sobre la tubería externa de la sonda 9; se calienta el serpentín 12 situado en la tapa conectora mediante una corriente eléctrica que llega al serpentín atravesando los conectores 5 y que aplica un sellado térmico de la tapa conectora 3 con la tubería externa de la sonda 9.

5 **[0047]** La tubería interna de la sonda 8, que en la figura 1 se puede ver en el centro en paralelo al eje longitudinal 17, se conecta pues a través de un segundo manguito 35 con una sección de la tubería interna 29. La tapa conectora 3 presenta un área de conexión 18, que coincide con la tubería externa de la sonda de tal forma que permite que la tapa conectora 3 y la tubería externa de la sonda 9 formen una conexión. Esta conexión debe estar sellada al menos herméticamente y de tal forma que se evite la entrada del fluido de transferencia de calor.

10 **[0048]** En este momento la sonda geotérmica 1 se puede rellenar con el fluido de transferencia de calor. Para ello se introduce el fluido de transferencia de calor dentro de la tubería externa de la sonda 9. Aún cuando la tubería externa de la sonda 9 está llena, quedan burbujas de aire en las esquinas y en los cantos del interior de la sonda geotérmica 1, especialmente en los medios que generan turbulencia en el fluido de transferencia de calor. Estas burbujas se liberan y ascienden una vez que la sonda geotérmica 1 comience su funcionamiento. Incluso el aire y otros gases mezclados con el fluido de transferencia de calor pueden ascender. Por lo general, el aire se almacena en la tapa conectora 3. En el área superior de la tubería interna de la sonda 8 también se puede almacenar el aire.

15 **[0049]** El aire existente en una sonda geotérmica 1 afecta negativamente al funcionamiento de la sonda geotérmica 1. Debido a este aire, la diferencia de presión necesaria para la conducción del fluido de transferencia de calor hacia la sonda geotérmica 1 es demasiado elevada. Por eso las sondas geotérmicas 1 se deben ventilar periódicamente, especialmente en su puesta en marcha.

20 **[0050]** Para poder ventilar la sonda geotérmica 1, la sonda geotérmica 1 del circuito cerrado que propone la invención presenta una ventilación 37. Esta comprende una abertura de ventilación 16, un conducto de ventilación 13 y una válvula de ventilación 14. Conviene que la abertura de ventilación 16 esté situada en el punto más elevado posible de la tapa conectora 3. La abertura de ventilación 16 se une al conducto de ventilación 13. En el otro extremo del conducto de ventilación 13 se encuentra una válvula de ventilación 14, por ejemplo una válvula de bola. Para ventilar la sonda geotérmica 1, se aplica presión al fluido de transferencia de calor y se abre la válvula de ventilación 14. El modo de aplicar presión sobre el fluido de transferencia de calor se demuestra en la descripción de la figura 2. El fluido de transferencia de calor al que se ha aplicado presión expulsa el aire en sentido opuesto a la gravedad una vez que la válvula de ventilación 14 se abre.

25 **[0051]** Como fluido de transferencia de calor se puede utilizar agua. Para evitar que el agua se congele en la sonda geotérmica 1, es habitual añadir anticongelante.

30 **[0052]** La tubería interna de la sonda 8 y la tubería externa de la sonda 9 se pueden transportar en varias piezas y montarse en el lugar de la instalación. Los termoplásticos son materiales adecuados, ya que se pueden soldar con facilidad y presentan una alta resistencia a todo tipo de condiciones atmosféricas.

35 **[0053]** La figura 2 muestra una representación esquemática de tres sondas geotérmicas 1 con los conductos 23 que permiten su unión en un circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico 4, en vista de planta. Se representa un circuito cerrado de calor geotérmico 4, en el que en primer lugar el fluido de transferencia de calor alcanza una bomba 21 que aumenta su nivel de presión. A continuación el fluido de transferencia de calor se introduce en la primera sonda geotérmica 1, situada a la izquierda en la figura 2. El fluido de transferencia de calor es conducido hasta la cámara anular 33. De allí el fluido de transferencia de calor discurre hasta alcanzar el área de unión 36 y se introduce en la tubería interna de la sonda 8 para subir y alcanzar la sonda geotérmica 1 del centro. Una vez completado su recorrido por la sonda geotérmica 1 del centro, el fluido de transferencia de calor se introduce en la cámara anular 33 de la tercera sonda geotérmica 1. Cuando el fluido de transferencia de calor ha recorrido las 3 sondas geotérmicas, se introduce en un intercambiador de calor 22.

40 **[0054]** La figura 3 muestra una configuración de tres sondas geotérmicas 1 en un circuito en serie, en vista de perfil. La representación es menos esquemática y los conductos 23 se pueden reconocer más claramente.

45 **[0055]** Gracias al conducto de ventilación 13 se pueden ventilar las tres sondas geotérmicas. Para ello se coloca una válvula de ventilación en el extremo de la corriente de ventilación separado de las sondas geotérmicas 1. Se recomienda que la válvula 14 se encuentre en el interior de una vivienda para la que sirva el circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico 4. En una configuración alternativa, se puede ventilar cada tubo alimentador 2 y cada tubo de desagüe 15 de forma individual, para lo que habría que instalar una ventilación 37 que lo permitiera.

50 **[0056]** La figura 4 es una representación esquemática de un circuito paralelo de sondas geotérmicas 1, no correspondiente a la invención. El fluido de transferencia de calor alcanza una bomba 21 que le aplica presión y se introduce en las tres sondas geotérmicas 1 a la vez a través de los conductos 23. Para ello se instalan los



conductos 23 de tal forma que el fluido de transferencia de calor al que se ha aplicado la presión se introduce en las tres cámaras anulares. El fluido de transferencia de calor abandona las sondas geotérmicas 1 mediante los tubos de desagüe 15. A continuación, el fluido de transferencia de calor discurre hasta el intercambiador de calor 22. Una ventaja de un circuito paralelo como el representado en la figura 4 es que el arrastre que la bomba 21 debe superar es relativamente bajo en comparación con un circuito en serie.

[0057] La figura 5 representa una configuración de sondas geotérmicas no correspondiente a la invención. En esta ocasión los conductos 23 conectan cada sonda geotérmica 1 con una batería de distribución 24. La batería de distribución 24 permite distribuir el fluido de transferencia de calor entre las sondas geotérmicas 1. En este modelo se puede elegir que el fluido de transferencia de calor recorra las sondas geotérmicas siguiendo un circuito paralelo, un circuito en serie o una combinación de ambos. La batería de distribución 24 puede conectar o desconectar los conductos si es necesario. Por ejemplo, en los meses más cálidos puede que solo sea necesario utilizar una sonda geotérmica 1.

15 **Listado de números de referencia**

[0058]

1. Sonda geotérmica
2. Tubo alimentador
3. Tapa conectora
4. Circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico
5. Contacto de conexión
6. Tope
7. Perforación
8. Tubería interna de la sonda
9. Tubería externa de la sonda
10. Hoja productora de turbulencia
11. Manguito
12. Serpentín
13. Conducto de ventilación
14. Válvula de ventilación
15. Tubo de desagüe
16. Abertura de ventilación
17. Eje longitudinal
18. Área de conexión
19. Pie de la sonda
21. Bomba
22. Intercambiador de calor
23. Conductos
24. Batería de distribución
25. Tierra
26. Superficie interna de la tubería de escape
27. Superficie externa de la tubería interna
28. Aislamiento
29. Sección de la tubería
30. Superficie interna de la tubería de entrada
31. Superficie externa de la tubería de entrada
33. Cámara anular
34. Cámara de la tubería de escape
35. Segundo manguito
36. Área de unión
37. Ventilación
38. Extremo superior
39. Extremo inferior

**REIVINDICACIONES**

1. Circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico compuesto de al menos dos sondas geotérmicas (1) encargadas de transmitir el calor entre un fluido de transferencia de calor y la tierra (25) donde se sitúan las sondas geotérmicas en funcionamiento, caracterizadas porque:

- 5 a) Presentan una tubería de entrada con una superficie interna (30) dentro de la tubería de entrada y una superficie externa (31) dirigida hacia la tierra (25),  
 b) Presentan una tubería de escape con una superficie interna (26) que rodea una cámara interna de la tubería de escape (34) y una superficie externa (27) que sobresale por fuera de la tubería de escape,  
 10 c) Constan de una cámara anular (33) situada dentro de la tubería de entrada, que está limitada horizontalmente por las superficies interna (30) y externa (27) de la tubería de entrada,  
 d) Constan de un área de unión (36) que une la cámara anular (33) y la cámara de la tubería de escape (34) permitiendo el paso de fluidos, situada en el extremo inferior (39) de la sonda geotérmica (1),  
 15 e) Constan de un tubo alimentador (2) conectado a la cámara anular (33) de forma tal que se permita el paso de fluidos y situado en un extremo superior (38) de la sonda geotérmica (1),  
 f) Constan de un tubo de desagüe (15) conectado a la cámara de la tubería de escape (34) que también está situado en un extremo superior de la sonda geotérmica (1),  
 g) Constan de al menos un medio para producir turbulencia en el fluido de transferencia de calor, provisto en la cámara anular (33),  
 20 h) Constan de una tapa conectora (3) en la que se encuentran la conexión entre el tubo alimentador (2) y la cámara anular (33) y entre la conexión entre el tubo de desagüe (15) y la cámara de la tubería de escape (34), que presenta una abertura de ventilación,  
 i) Constan de un conducto de ventilación (13), que rodea la abertura de ventilación (16) de la sonda geotérmica (1) y que incluye una válvula de ventilación (14) separada de la sonda geotérmica (1) que permite ventilar la cámara anular (33) de la sonda geotérmica (1),  
 25

siempre y cuando las sondas geotérmicas (1) en el circuito de transferencia de calor geotérmico estén alineadas, se puede conducir un fluido de transferencia de calor a través de las tuberías de entrada y de escape y gracias a ello producir una transferencia de calor que se da en ambos casos entre el fluido de transferencia de calor y la tierra (25) mediante al menos la tubería de entrada donde el medio para crear turbulencia en el fluido de transferencia de calor está construido con al menos una hoja productora de turbulencia (10) fijada a un manguito (11) con forma cilíndrica y cuya superficie interna se corresponde con la forma de la tubería de escape sobre la cual se puede desplazar el manguito para facilitar el montaje y posicionar el medio para crear turbulencia en el fluido de transferencia de calor que fluye por la tubería interna de la sonda. El manguito puede situarse en la cámara anular (33) a prueba de deslizamientos.  
 30  
 35

2. Un circuito cerrado de transferencia de calor geotérmico según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la tubería de escape presenta un aislamiento (28) que aísla térmicamente el fluido de transferencia de calor situado en la cámara de la tubería de escape (34) del fluido de transferencia de calor existente en la cámara anular (33).  
 40

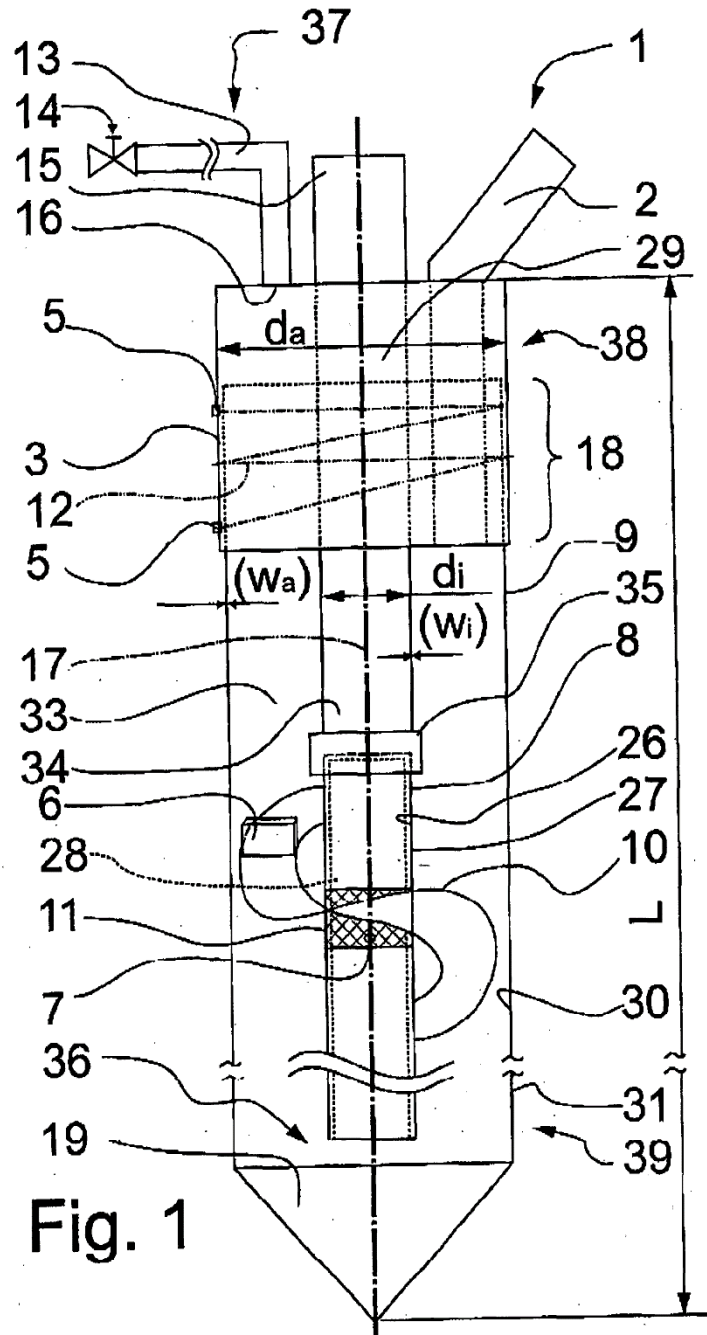


Fig. 1

