

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 570 661**

51 Int. Cl.:

**F03G 7/00** (2006.01)

**F03G 4/00** (2006.01)

**F24J 3/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2011 E 11841473 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2016 EP 2640971**

54 Título: **Sistema y método para extraer energía**

30 Prioridad:

**16.11.2010 US 458056 P**

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

**19.05.2016**

73 Titular/es:

**INNERGEO LLC (100.0%)  
10201 South Padre Island Dr., Suite 203  
Corpus Christi, TX 78418, US**

72 Inventor/es:

**LOVEDAY, RON L. y  
MUELLER, J., PAUL, JR.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 570 661 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**

Sistema y método para extraer energía

**5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

La presente solicitud reivindica prioridad por la Solicitud Provisional de Estados Unidos número de serie 61/458056, que se presentó el 16 de Noviembre de 2010, titulada "Pozo geotérmico y sistema para generar electricidad", cuya descripción se incorpora aquí por referencia en su totalidad.

10

**Campo técnico**

Esta invención se refiere en general a sistemas y métodos para extraer energía, en particular extraer energía térmica usando un pozo geotérmico para distribuir a la superficie un fluido caliente para uso al generar electricidad o realizar otro trabajo.

15

**Antecedentes de la invención**

Se conocen métodos de captar el calor de debajo de la superficie para mover motores y generar electricidad o realizar otro trabajo. Un tipo de sistema geotérmico implica producir agua caliente y/o vapor ya presentes en formaciones subterráneas. Otro tipo de sistema geotérmico implica introducir fluidos directamente a las formaciones subterráneas para absorber el calor y recuperar los fluidos, junto con el calor absorbido. Se ofrecen descripciones típicas de estos tipos de sistemas geotérmicos en las Patentes de Estados Unidos números 4.082.140, 4.201.060, y 4.357.802, así como en operaciones comerciales en California e Islandia.

20

25

Otros métodos de captar dicho calor incluyen sistemas geotérmicos que bombean un fluido operativo, tal como agua, a través de una caja en un agujero que se extiende a una sección caliente de la corteza terrestre. El calor de la tierra convierte el fluido operativo en vapor, que se produce en la superficie, y luego se condensa y purifica para ser bombeado de nuevo a la caja. Hay descripciones típicas de este tipo en las Patentes de Estados Unidos números 3.470.943, 4.085.795, 5.072.783, 5.515.679 y 6.301.894.

30

Este tipo de sistema geotérmico tiene algunas ventajas con respecto a la producción directa de fluidos de formación calentados o introducir fluidos a las formaciones a producir, como minimizar los problemas de subsidencia o sismicidad en las rocas adyacentes a los pozos geotérmicos y desechar los fluidos producidos. Aunque es una mejora, este tipo de sistema geotérmico todavía tiene algunas desventajas. Por ejemplo, estos sistemas geotérmicos a menudo perforan la caja facilitando el intercambio térmico entre la formación y el fluido operativo. Como tal, a menudo hay que bombear agua adicional de otra fuente como un pozo, lago o suministro municipal a través de la caja para recuperar el calor de debajo. Además, debido a que las perforaciones de la caja introducen particulados del entorno circundante al fluido calentado, este tipo de sistema geotérmico también requiere a menudo un sistema de depuración para procesar el fluido calentado antes de que pueda hacerse circular de nuevo.

35

40

US 2009/0126923 A1 describe aparatos y métodos para recuperar y usar energía geotérmica. En una disposición descrita, una cadena de tubos se extiende a un pozo. Un fluido operativo inicialmente predominantemente en fase líquido es transportado a una zona subterránea caliente mediante un espacio anular fuera de la cadena de tubos. Cuando el fluido operativo llega a la porción del agujero de pozo que está caliente, al menos una porción del fluido operativo predominantemente en fase líquido se vaporiza formando un fluido operativo predominantemente en fase vapor. El fluido operativo predominantemente en fase vapor entra en una abertura distal de la cadena de tubos y por ello sale del agujero de pozo con el fin de alimentar una turbina.

45

**50 Breve resumen de la invención**

Según un aspecto de la presente descripción, se facilita un pozo según la reivindicación 1.

En una realización, una porción del entorno subterráneo incluye una temperatura de al menos aproximadamente 300 grados F, y el pozo incluye además un fluido de intercambio térmico. En otra realización, el fluido de transferencia de calor incluye un fluido seleccionado del grupo que consta de agua, alcohol, refrigerante y una combinación de los mismos. En una realización, la zona de gas está a una presión superior a la presión atmosférica. En otra realización, la zona de gas incluye un gas seleccionado de un grupo que consta de aire, nitrógeno, argón, otros gases adecuados y una combinación de los mismos.

55

60

En una realización, el primer diámetro interior y el segundo diámetro interior tienen una relación seleccionada del grupo que consta de 8.3, superior a 1, superior a 1,5, superior a 2 y superior a 2,5.

65

En otra realización, el pozo incluye además un sistema de extracción de energía acoplado por fluido al conducto de producción.

En una realización, el conducto de producción incluye un material aislante térmico en al menos una porción de su longitud.

5 En una realización, el pozo incluye además una caja entre el agujero de pozo y la tierra, donde al menos una porción de la caja contacta directamente el entorno subterráneo. En otra realización, al menos una porción de la caja está rodeada por una pared conductora térmica. En otra realización, la caja no está perforada.

10 En una realización, al menos uno de dicho conducto de inyección y dicho conducto de producción incluye elementos de superficie. En otra realización, los elementos de superficie incluyen hoyuelos.

Según otro aspecto de la presente descripción, se facilita un método según la reivindicación 5.

15 En una realización, una porción del entorno subterráneo incluye una temperatura de al menos aproximadamente 300 grados F. En otra realización, el fluido de transferencia de calor incluye un fluido seleccionado del grupo que consta de agua, alcohol, refrigerante y una combinación de los mismos.

20 En otra realización, la zona de gas está a una presión superior a la presión atmosférica. En otra realización, la zona de gas incluye un gas seleccionado del grupo que consta de aire, nitrógeno, argón, otros gases adecuados y una combinación de los mismos.

25 En una realización, la segunda velocidad que es más rápida que la primera velocidad se logra al menos con el conducto de inyección que tiene un diámetro que es diferente de un diámetro del conducto de producción. En otra realización, el diámetro del conducto de inyección es mayor que el diámetro del conducto de producción. En otra realización, el diámetro del conducto de inyección y el diámetro del conducto de producción tiene una relación seleccionada del grupo que consta de 8.3, superior a 1, superior a 1,5, superior a 2 y superior a 2,5.

En una realización, el método incluye además el paso de producir energía a partir del fluido de intercambio térmico extraído.

30 En otra realización, el método incluye además el paso de aislar una porción del conducto de producción.

35 En otra realización, el método incluye además proporcionar una pared conductora térmica alrededor de una porción de la caja. En otra realización, el método incluye además exponer una porción del exterior de la caja al entorno subterráneo. En otra realización, la caja no está perforada.

En una realización, el método incluye además el paso de dotar a al menos uno del conducto de inyección y el conducto de producción de un área superficial mejorada.

40 Lo anterior ha esbozado de forma bastante amplia las características y las ventajas técnicas de la presente invención para que la siguiente descripción detallada de la invención se pueda entender mejor. A continuación se describirán características y ventajas adicionales de la invención que forman la materia de las reivindicaciones de la invención. Los expertos en la técnica apreciarán que la concepción y la realización específica descritas pueden ser utilizadas fácilmente como una base para modificar o diseñar otras estructuras para lograr los mismos fines de la presente invención. Los expertos en la técnica también deberán observar que tales construcciones equivalentes no se apartan del espíritu y alcance de la invención expuesta en las reivindicaciones anexas. Las características nuevas que se consideran características de la invención, tanto en su organización como en el método de operación, conjuntamente con otros objetos y ventajas, se entenderán mejor a partir de la descripción siguiente considerada en conexión con las figuras acompañantes. Sin embargo, se ha de entender expresamente que cada una de las figuras se ofrece a efectos de ilustración y descripción solamente y no se considera una definición de los límites de la presente invención.

### Breve descripción de los dibujos

55 Para una comprensión más completa de la presente invención, se hace referencia ahora a las descripciones siguientes tomadas en unión con los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 representa una sección transversal de un pozo según una primera realización de la presente descripción que está conectado a un sistema ejemplar de extracción de energía ilustrado esquemáticamente.

60 La figura 2 ilustra un recorrido de flujo de un fluido de intercambio térmico en un pozo según la primera realización de la presente descripción representado en la figura 1.

Las figuras 3A y 3B ilustran una primera configuración de pozo ejemplar según la presente descripción.

65 Las figuras 4A, 4B, y 4C ilustran una segunda configuración de pozo ejemplar según la presente descripción.

Y las figuras 5A y 5B ilustran una característica ejemplar que mejora la eficiencia de transferencia de calor de un pozo según las realizaciones de la presente descripción.

**Descripción detallada de la invención**

5 En el sentido en que se usa aquí, “un” y “uno/una” significa uno o más de uno, a no ser que se indique lo contrario.

10 La presente descripción proporciona un sistema que es un sistema geotérmico en bucle cerrado útil para estratos geotérmicos húmedos o secos. En una realización, el pozo incluye un pozo completa o parcialmente entubado en hormigón con un tapón de hormigón en el fondo, una cabeza de pozo, y al menos dos conductos que entran en el pozo a través de la cabeza de pozo. De los dos conductos, el primero es un conducto de inyección que llega preferiblemente al nivel de estrato o profundidad del pozo donde la temperatura de la tierra es suficientemente alta para calentar el fluido de intercambio térmico en el pozo. El segundo es un conducto de salida que es preferiblemente más largo que el conducto de inyección y llega cerca del fondo del pozo. En una realización, el conducto de salida o producción se detiene poco antes del tapón de hormigón en el fondo del pozo para no erosionar el tapón. En una realización, el diámetro del conducto de inyección es mayor que el diámetro del conducto de salida. La diferencia de tamaño (por ejemplo, longitud y diámetro) afecta a la velocidad del fluido de intercambio térmico que vuelve a la superficie, por ejemplo, aumenta la velocidad del fluido de salida, reduciendo por ello el tiempo que el fluido calentado está en contacto con las superficies a temperatura más baja del pozo, tal como la región más fría en la parte superior del pozo donde entra el fluido de intercambio térmico.

20 En una realización alternativa, el conducto de inyección es más largo que el conducto de salida y llega cerca del fondo del pozo parando poco antes del tapón de hormigón. En esta realización, el diámetro del conducto de inyección y del conducto de salida son preferiblemente los mismos o sustancialmente los mismos. En otra realización, el conducto de inyección y el conducto de salida pueden tener la misma longitud.

30 Para reducir más la pérdida de calor, el pozo emplea en algunas realizaciones una zona de gas en la región superior para aislar los dos conductos de entrada y salida uno de otro. Además, esta zona de gas está a presión alta para aumentar la temperatura de ebullición del fluido de intercambio térmico que ha sido calentado por la energía geotérmica del pozo, que mantiene el fluido de intercambio térmico de salida en fase líquido y mantiene el sistema en estasis. El fluido de intercambio térmico producido conteniendo energía térmica de la tierra puede ser usado en cualquier número de procesos de producción de potencia dependiendo de la temperatura superficial final del fluido. Cuando la energía calorífica se usa a un nivel suficiente, el fluido se hace volver por el agujero para ser recalentado y el ciclo comienza de nuevo. Aunque los sistemas de pozo de la presente descripción se explican en el contexto de recuperar o extraer energía térmica, se contempla que los sistemas de pozo descritos puedan ser usados en otras aplicaciones.

40 En una realización específica, con referencia a la figura 1, el sistema de pozo 10 incluye uno o más pozos 12 que entran en la tierra a una zona o estrato con temperatura suficientemente alta para ser absorbida por un fluido de intercambio térmico u operativo. La profundidad y la posición de estas zonas de temperatura suficientemente alta son conocidas en general o pueden ser determinadas según métodos conocidos. Con uno o varios pozos 12 está asociado un sistema de extracción de energía 14 que recibe del pozo 12 el fluido de intercambio térmico a temperatura más alta y convierte la energía térmica del fluido a energía de un tipo más deseable, por lo general electricidad. En una realización, la temperatura del estrato de interés es preferiblemente de alrededor de al menos 45 300 grados F. En otras realizaciones, sin embargo, la temperatura del entorno circundante puede ser más baja, a condición de que la temperatura sea útil para producir energía térmica. Se puede usar un fluido de intercambio térmico adecuado, por ejemplo, refrigerante, para extraer energía térmica de un entorno con temperatura inferior a 300 grados F.

50 Con referencia a la figura 1, el pozo 12 incluye un agujero o agujero de pozo 16 que entra en la tierra a una región de temperatura alta o una región con al menos la temperatura deseada. Preferiblemente, el agujero o agujero de pozo 16 se extiende a al menos el estrato calentado de la tierra donde la temperatura es de al menos aproximadamente 400 grados F. En la figura 1, una caja o cadena de tubos 18 está cementada en el agujero de pozo 16 con una envuelta de cemento 20. La caja 18 está preferiblemente sin perforar para realizar transferencia de calor a través de la caja evitando al mismo tiempo la entrada de fluidos de la tierra a la caja 18 o el escape de fluido operativo de la caja 18 a la tierra. En una realización, la caja 18 incluye un material de acero. Además, en algunas realizaciones, la caja puede estar recubierta o hacerse de material que resiste la corrosión para asegurar que el fluido de intercambio térmico en circulación no sea contaminado por el entorno circundante o escape al entorno circundante. Se conocen en la técnica tubo y cemento de temperatura alta, tal como en las operaciones geotérmicas actuales de California. En la realización preferida, dicho tubo y cemento de temperatura alta se usan en el sistema 60 10. En realizaciones alternativas, en el sistema 10 se puede usar otro material de tubo y cemento de temperatura alta adecuado.

65 El pozo 12 puede ser vertical o, en base a cálculos, experiencia y/o características de la formación, parte de pozo 12 puede incluir uno o más secciones horizontales que se extiendan una distancia sustancial en la región de temperatura alta. La parte inferior o extremo de la cadena de tubos 18 puede estar cerrado por un tapón o tapón

macho adecuado, como el tapón 22, para proporcionar en la tierra una cámara cerrada 24 a través de la que circula el fluido de intercambio térmico. El fluido de intercambio térmico puede ser de cualquier tipo adecuado. En la realización preferida, se usa un líquido, al menos por la razón de que un volumen de líquido tiene una capacidad más alta de absorber calor que un volumen equivalente del mismo material en fase gas. En la realización preferida, el fluido de intercambio térmico incluye agua. En realizaciones alternativas se usan otros tipos adecuados de fluido de intercambio térmico o combinación de los mismos, como alcohol y refrigerantes.

Con referencia a la figura 1, el conducto de entrada o inyección 26 se extiende a través de la cabeza de pozo 28 para suministrar un fluido de intercambio térmico de temperatura más baja desde el sistema de extracción de energía 14 a la cámara 24. El conducto de salida o producción 30 también se extiende a través de la cabeza de pozo 28 para distribuir el fluido de intercambio térmico que ha absorbido energía de la tierra desde el pozo 12 al sistema de extracción de energía 14. Como se ilustra en la figura 1, el conducto de entrada 26 se extiende preferiblemente en el pozo 12 a la zona 32 donde la temperatura de la tierra es suficientemente alta para transferir energía térmica al fluido de intercambio térmico. En la realización preferida, la zona 32 es donde la temperatura de la tierra es aproximadamente 40-60% la temperatura de la temperatura máxima sostenible del pozo 12. Una forma de determinar la temperatura máxima sostenible del pozo 12 es determinar la temperatura sostenible cerca del fondo del pozo 12.

Por ejemplo, en una realización, la zona 32 está situada a aproximadamente una profundidad donde la temperatura del entorno circundante es del rango de 400 grados F cuando la temperatura de la tierra cerca del fondo del pozo 12 es aproximadamente 800 grados F. En otra realización, la zona 32 está situada a una profundidad donde la temperatura del entorno circundante es del rango de aproximadamente 200 grados F cuando la temperatura más alta sostenible cerca del fondo del pozo 12 es del rango de aproximadamente 400 grados F. La determinación de la posición de la zona 32 depende de varios factores como la temperatura más alta sostenible cerca del fondo del pozo 12 y el volumen esperado del fluido de intercambio térmico en el sistema 10. Como tal, la profundidad de la zona 32 se establece para pozos individuales dependiendo de las condiciones operativas del pozo concreto.

Con referencia a la figura 1, en una realización preferida, el conducto de entrada 26 es de mayor capacidad que el conducto de salida 30. En una realización, el conducto de entrada 26 tiene mayor capacidad porque tiene un diámetro mayor que el diámetro del conducto de salida 30. La diferencia de capacidad entre el conducto de entrada 26 y el conducto de salida 30 permite una mayor velocidad del fluido operativo calentado a través del conducto de salida 30, minimizando por ello el tiempo de salida del fluido de intercambio térmico del pozo 12, y en consecuencia, la pérdida de calor debida al fluido de intercambio térmico que entra por el conducto de entrada 26. Además, al menos uno de los conductos 26 y 30 está térmicamente aislado preferiblemente de forma parcial para evitar o minimizar la transferencia de calor del conducto de salida 30 al conducto de entrada 26. Por ejemplo, en una realización, el conducto de salida 30 puede estar térmicamente aislado por encima de un nivel donde haya una pérdida neta de calor del fluido de intercambio térmico al entorno. Una forma de aislar una porción del conducto de salida 30 es proporcionar una camisa térmica (no representada) alrededor de parte o todo el diámetro exterior del conducto. En una realización, la camisa incluye un material de baja conductividad térmica. En otra realización, el aislamiento se logra a través del conducto de producción 30 incluyendo un conducto de pared doble (no representado) al menos en una porción de su longitud. El espacio anular entre las paredes exterior e interior puede incluir un gas para reducir el intercambio térmico entre las paredes, tal como aire, nitrógeno, argón, otros gases adecuados o similares o una combinación de los mismos. Alternativamente, el espacio anular puede estar en vacío o casi vacío. En la realización preferida, solamente el conducto de producción está aislado. Además, con referencia a la figura 1, el conducto de entrada 26 y el conducto de salida 30 están dispuestos preferiblemente de modo que las paredes de estos conductos 26 y 30 no contacten una con otra reduciendo más el intercambio de energía térmica entre el fluido de entrada relativamente refrigerante en el conducto de entrada 26 y el fluido de salida relativamente más caliente del conducto de salida 30.

Con referencia a la figura 1, el conducto de salida 30 entra más en el pozo 12 que el conducto de entrada 26 para optimizar el tiempo que el fluido de intercambio térmico pasa en el pozo 12 absorbiendo la energía térmica de la tierra. Este tiempo se denomina el tiempo de residencia del fluido de intercambio térmico. Una forma de determinar el tiempo de residencia es dividir el volumen de la caja 18 debajo del nivel de líquido 38 por la velocidad a la que se distribuye fluido a través del conducto de entrada 26. En otras realizaciones, el tiempo de residencia puede ser determinado por otros medios. En la figura 1, el nivel de líquido 38 es el nivel del fluido de intercambio térmico que se mantiene en el pozo 12 durante la operación de extracción de energía térmica. En una realización, el nivel de líquido 38 está en o alrededor de una posición donde las pérdidas de temperatura del conducto de salida 30 sean excesivas. El tiempo de residencia efectivo del fluido en la cámara de intercambio térmico también puede ser controlado configurando el tamaño y la posición de los conductos de entrada y salida y regulando la velocidad a la que el fluido circula a través del pozo geotérmico. Al menos la temperatura de formación y/o la temperatura de fluido deseada en la superficie afectan al tiempo de residencia. Por ejemplo, las formaciones con temperatura más alta pueden permitir un tiempo de residencia más corto, mientras que las formaciones de temperatura más baja pueden requerir un tiempo de residencia más largo y una tasa de flujo más baja. Igualmente, una temperatura más alta deseada del fluido de intercambio térmico en superficie puede requerir un tiempo de residencia más largo mientras que un tiempo de residencia más corto puede ser suficiente para obtener una temperatura deseada más baja, dependiendo de la temperatura de la formación.

En otra realización, el pozo 12 incluye además una región llena de gas encima del nivel de líquido 38 para reducir más la pérdida de calor del fluido de intercambio térmico que fluye a la superficie a través del conducto de salida 30. Con referencia a la figura 1, el sistema 10 incluye un sensor 42 en la cabeza de pozo 26 para determinar la posición del nivel de líquido 38 en el pozo 12 y un sistema de inyección/liberación de gas 44 para controlar la altura del nivel de líquido 38 y mantener el nivel de líquido 38 a un nivel deseado. El sensor 42 puede ser de cualquier tipo adecuado tal como un generador de sonido y receptor de eco. En una realización, el sensor 42 incluye cable o hilo de salida 46 conectado a la válvula de motor 48, que es parte del sistema 44 para manipular la válvula 48 y suministrar un gas desde la fuente 50 a través de la cabeza de pozo 28. En una realización, la válvula 48 es una válvula del tipo de tres vías con un orificio 52, que se abre a la atmósfera para liberar gas del pozo 12 cuando sea necesario o se desee. La operación de válvula 48 permite al sistema 44 controlar la altura del nivel de líquido 38 en el pozo 12. Por ejemplo, si el sensor 42 detecta que el nivel de líquido 38 está por encima de un nivel o altura deseado, puede alertar al sistema 44, que puede abrir la válvula 48 para inyectar gas al pozo 12. La adición de gas al pozo 12 ejerce presión sobre el líquido del pozo 12, bajando por ello el nivel de líquido 38. Por otra parte, si el sensor 42 detecta que el nivel de líquido 38 está por debajo de un nivel o altura deseado, puede alertar al sistema 44, que puede poner la válvula 48 para liberar gas del pozo 12 a la atmósfera. La liberación de gas de pozo 12 reduce la presión que actúa en el líquido del pozo 12, permitiendo por ello que suba el nivel de líquido 38. La altura deseada del nivel de líquido 38 se basa en varios factores operativos de un pozo concreto. La zona de gas mantenida por encima del nivel de líquido 38 proporciona preferiblemente una región de transferencia de calor relativamente lenta en la parte superior del pozo 12, manteniendo por ello la temperatura alta del fluido de intercambio térmico de salida.

En una realización, el gas inyectado al pozo 12 incluye aire, nitrógeno, argón, cualesquiera otras composiciones de gases adecuadas o similares, o una combinación de los mismos. El tipo o la composición del gas inyectado puede depender al menos de las condiciones concretas del pozo, el entorno circundante y/o los recursos disponibles. En la realización preferida, el gas inyectado está a presión alta, por ejemplo, superior a la presión atmosférica, para establecer y mantener una zona de gas a presión alta por encima del nivel de líquido 38. La presión puede ser determinada al menos por las condiciones operativas de un pozo concreto y/o la temperatura de salida deseada. La zona de presión alta evita la evaporación rápida prematura de un líquido de intercambio térmico porque la zona de presión alta aumenta el punto de ebullición del fluido de intercambio térmico, tal como agua. Como tal, la zona de presión alta se puede mantener a un nivel que mantenga el fluido de intercambio térmico en fase líquido cuando salga del pozo 12 a través del conducto de salida 30. En la realización donde se emplea una zona de presión alta, la presión del líquido de intercambio térmico también se puede regular para mantener el nivel de líquido 38 en una región deseada. La zona de gas a presión alta por encima del nivel de líquido 38 también ayuda a mantener el sistema 10 en estasis manteniendo el fluido de intercambio térmico en fase líquido, manteniendo por ello el fluido entrante en la misma fase que el fluido de salida. Además, la zona de gas a presión alta por encima del nivel de líquido 38 también proporciona aislamiento para minimizar el intercambio de energía térmica entre el conducto de entrada 26 y el conducto de salida 30, además de cualquier otro mecanismo de aislamiento que se pueda emplear, tal como una camisa o porciones de pared doble. La presión óptima o deseada varía con cada pozo y depende de las condiciones operativas y/o la temperatura deseada del fluido de intercambio térmico en la superficie.

El sistema de extracción de energía 14 puede ser de un tipo convencional que incluye un tambor de evaporación rápida 54 conectado al conducto de salida 30 para evaporar rápidamente vapor del fluido de intercambio térmico de salida. El tambor de evaporación rápida 54 puede estar conectado a un conjunto de turbina generadora 56 o algún otro mecanismo operado por vapor para producir energía o captar la energía térmica de alguna otra forma. Además de captar energía térmica, el sistema de extracción de energía 14 puede incluir componentes a presión más baja para producir trabajo adicional a partir del fluido extraído en una región deseada. Por ejemplo, se puede usar un segundo proceso para recoger el fluido de intercambio térmico a temperatura más baja y presión inferior después de haber pasado a través del tambor de evaporación rápida 54 para convertir al menos una porción del calor restante en trabajo adicional, por ejemplo, mediante un intercambiador de calor que tenga un punto de ebullición más bajo.

Después de pasar a través del tambor de evaporación rápida 54, todo el fluido de intercambio térmico producido vuelve al pozo 12 a través del conducto de entrada 26. El sistema 10 puede incluir otros componentes como condensadores y/o bombas, representados como el elemento 60 en la figura 1, que se usan para procesar el fluido de intercambio térmico anterior haciéndolo volver al pozo 12. El tipo de equipo se puede basar al menos en las condiciones operativas de un pozo concreto, el entorno circundante, y/o los recursos disponibles.

La figura 2A ilustra el flujo del fluido de intercambio térmico a través de un pozo ejemplar de la presente descripción. En la figura 2A, hay un pozo vertical 200 en la caja 260 que se cementa en posición con una envuelta de cemento 240 y se obtura con un tapón u obturador 220. El conducto de entrada 205 suministra fluido operativo o fluido de intercambio térmico 210 que avanza a través del conducto de entrada 205 y sale por el extremo 215 del conducto de entrada 205 entrando en el pozo 200 y fluyendo hacia el fondo del pozo 200. El fluido de intercambio térmico 210 absorbe energía térmica de la tierra cuando está en el pozo 200. Después de absorber la energía térmica, el fluido de intercambio térmico 210 vuelve a la superficie a través del conducto de salida 230. Como se representa, la entrada 235 del conducto de salida 230 está más profunda en la región subterránea (es decir, más lejos de la superficie 240) que el extremo 215 del conducto de entrada 205. Además, el diámetro del conducto de salida 230 es

más pequeño que el diámetro del conducto de entrada 230.

En una realización, la formación subterránea tiene agua subterránea 245, que mejora la transferencia de energía térmica de la tierra al fluido de intercambio térmico. En otra realización, el pozo 200 incluye además una zona de gas a presión alta 250 por encima del nivel de líquido 270. Como se ha explicado anteriormente, la zona de gas a presión alta 250 mejora las operaciones del sistema proporcionando al menos aislamiento y manteniendo el fluido de intercambio térmico de salida en fase líquido. Como se ha explicado anteriormente y se representa en la figura 2B, el diámetro del conducto de salida 230 es preferiblemente más pequeño que el diámetro del conducto de entrada 205. La diferencia de capacidad entre el conducto de entrada 205 y el conducto de salida 230 permite una mayor velocidad del fluido operativo calentado 210 a través del conducto de salida 230, minimizando por ello el tiempo de recorrido del fluido de intercambio térmico 210 que sale del pozo 200, y en consecuencia, la pérdida de calor debida al fluido de intercambio térmico 210 que entra por el conducto de entrada 205. En la realización preferida, la caja 260 no está perforada, evitando por ello que el fluido de intercambio térmico 210 escape al entorno circundante o cualquier contaminación del fluido de intercambio térmico 210 por particulados o fluidos del entorno circundante.

Como se ha explicado anteriormente, el pozo 200 también puede incluir aislamiento térmico en al menos el conducto de salida 230. Aunque la figura 2A muestra porciones del conducto de entrada 205 y del conducto de salida 230 encima del pozo 200 adyacentes uno a otro, en otras realizaciones estas porciones de los conductos pueden estar más separadas y/o aisladas. La longitud del conducto de salida 230 se puede determinar en base al menos a la velocidad de flujo, el diámetro del conducto, y/o datos de modulación de dicho sistema.

Las figuras 3A y 3B muestran una realización de la construcción de un pozo geotérmico según la presente descripción. En la figura 3A, la caja 300 está en un agujero abierto 310. La caja 300 se hace preferiblemente de acero. En lugar de cementar la caja 300 en el agujero abierto 310 sustancialmente a lo largo de toda la longitud de la caja 300, que a menudo se hace con métodos convencionales, se cementa la caja 300 cerca de la parte superior y tapa con cemento en el fondo, como se representa en la figura 3B y se explica mejor más adelante, lo que es suficiente para mantener la caja 300 en posición en el agujero abierto o agujero de pozo 310. Con referencia a las figuras 3A y 3B, una forma de lograr la cementación selectiva de la caja 300 es insertar el conducto 320 en la caja 300 para introducir primero cemento en el espacio anular 380 entre el agujero abierto 310 y la pared exterior de la caja 300 para formar una región superior cementada 360. Posteriormente, se introduce material conductor térmico 340 al espacio anular 380 a través del conducto 320 para llenar sustancialmente el espacio anular 380 para formar la pared 370 que rodea al menos una porción de caja 300. La pared 370 incluye material conductor térmico 340. Después de suministrar al espacio anular 380 una cantidad suficiente o deseada de material conductor térmico 340, el cemento 330 se distribuye entonces a través del conducto 320 para formar la base de cemento 350 en la parte inferior de la caja 300. La configuración de pozo representada en las figuras 3A y 3B proporciona un sistema más conductor térmico sustituyendo el material de cemento no conductor térmico por un material más conductor térmico permitiendo al mismo tiempo que la caja 300 se mantenga en posición en el agujero abierto 310 con suficiente cementación de la caja 300 cerca de las partes superior e inferior del agujero abierto 310.

Las figuras 4A, 4B y 4C muestran igualmente otra realización de la configuración de pozo representada en las figuras 3A y 3B. En esta realización, el material conductor térmico que forma la pared conductora térmica incluye agua dulce. Con referencia a las figuras 4A-4C, una forma de lograr una pared conductora térmica incluyendo agua dulce es introducir primero cemento 430 en el espacio anular 480 entre el agujero abierto 410 y la pared exterior de la caja 400 a través del conducto 420 para formar una región superior cementada 460. Posteriormente, se introduce agua dulce al espacio anular 480 a través del conducto 420 para llenar sustancialmente el espacio anular 480 para formar la pared 470 que rodea al menos una porción de la caja 400. El agua dulce puede proporcionar una ventaja en algunos sistemas de la presente descripción porque a menudo es absorbida rápidamente en la formación debido a la presión osmótica que se desarrolla como resultado del alto contenido de sal del agua de la formación y el agua dulce. Como resultado, cuando el agua dulce es absorbida por la formación circundante, al menos una porción del entorno subterráneo en el que está el pozo geotérmico se plegará o hinchará sobre la caja 400, realizando por ello un contacto térmico directo entre el recurso geotérmico y la caja 400, como se representa en la figura 4C. Después de suministrar una cantidad suficiente o deseada de agua dulce al espacio anular 480 o de lograr el plegado o hinchamiento deseado de la formación circundante, se suministra cemento adicional 430 a través del conducto 420 para formar una base de cemento 450 en la parte inferior de la caja 400. La configuración de pozo representada en las figuras 4A, 4B y 4C incrementa la conductividad térmica entre la tierra y el sistema de extracción térmico y obvia la necesidad de un fluido o material intermedio entre la tierra y la caja. Esto se logra sustituyendo una cantidad sustancial del cemento que rodea la caja 400 permitiendo al mismo tiempo que la caja 400 se mantenga en posición en el agujero abierto 410 con suficiente cementación de la caja 400 cerca de las partes superior e inferior del agujero abierto 410. Alternativamente, todavía se puede usar un fluido intermedio u otro material si las condiciones de la formación u otras consideraciones logísticas así lo indican.

En una realización, la relación del diámetro interno del conducto de inyección (designado "A") al diámetro interno del conducto de producción (designado "B") de las varias realizaciones de la presente descripción, expresada como A:B, es superior a 1. En una realización, A:B es superior a 1,5. En otra realización, A:B es superior a 2. Preferiblemente, A:B es superior a 2,5. En el ejemplo ofrecido a continuación, A:B es igual a 2,667 (es decir, 8:3). Sin embargo, en

otras realizaciones, A:B es superior a 3. En otra realización, A:B es superior a 3,5. En otras realizaciones, A:B es superior a 4, superior a 5, y en otras varias realizaciones A:B es superior a 6, 7, 8, 9, 10, 20, 50 y 100, respectivamente.

5 **Ejemplo 1**

10 A continuación se expone un ejemplo de una realización preferida. En este ejemplo, la relación del diámetro del conducto de inyección al diámetro del conducto de producción es 8:3, usando un tubo de pozo con caja de 17 pulgadas como el depósito. Este ejemplo usa tres tamaños de tubo, definidos por el diámetro interior (DI). Usa unos tubos de 17 pulgadas (43,18 cm) que sirve como el tubo de pozo con caja, un tubo de 8 pulgadas (20,32 cm) que sirve como el conducto de inyección; y un tubo de 3 pulgadas (7,62 cm) que sirve como un conducto de tubo de producción.

15 Con respecto al tubo de caja de 17 pulgadas tiene 2724,8076 pulgadas cúbicas por pie lineal. Hay 231 pulgadas cúbicas de líquido en un galón, lo que da aproximadamente 11,7957 galones por pie lineal del tubo de caja de 17 pulgadas. Como hay 5.280 pies/milla, hay 62.281,296 galones en una milla. A una tasa de flujo de 1000 galones por minuto, una molécula de agua tarda 62,281 minutos en pasar a través de una milla del pozo con caja de 17 pulgadas. Esto da una velocidad de 0,96 millas por hora.

20 Con respecto al conducto de tubo de inyección de 8 pulgadas, el conducto tiene 603,4176 pulgadas cúbicas por pie lineal. De nuevo hay 231 pulgadas cúbicas de líquido en un galón, dando así 2,61219 galones por pie lineal. Esto da 13792,3632 galones en una milla del conducto de tubo de inyección de 8 pulgadas. A una tasa de flujo de 1000 galones por minuto, una molécula de agua tarda aproximadamente 13,762 minutos en pasar a través de una milla del conducto de tubo de inyección de 8 pulgadas, correspondiente a una velocidad de 4,3598 millas por hora.

25 El conducto de tubo de producción de 3 pulgadas tiene 84,8556 pulgadas cúbicas por pie lineal. Usando 231 pulgadas cúbicas de líquido en un galón, se obtiene aproximadamente 0,36734 galones por pie lineal. Esto da 1939,552 galones en una milla del conducto de tubo de producción de 3 pulgadas. A una tasa de flujo de 1000 galones por minuto, una molécula de agua tarda 1,939 minutos en pasar a través de una milla de conducto de tubo de producción de 3 pulgadas, correspondiente a una velocidad de 30,9437 millas por hora.

30 Las velocidades diferenciales en el conducto de tubo de producción y el conducto de tubo de inyección mejoran la eficiencia de la transferencia de calor desde el depósito a la superficie. En particular, la diferencia de las velocidades proporciona un tiempo relativamente corto de residencia del fluido operativo en el conducto de tubo de producción, lo que disminuye las pérdidas de transferencia de calor, dando lugar a eficiencias de captura de calor más grandes.

35 La presente invención es ventajosa porque puede ser usada para extraer solamente calor del depósito sin extraer fluidos de depósito como agua del depósito. Usa un fluido operativo reciclado como un medio de transferencia de calor y es útil tanto para recursos térmicos poco profundos como profundos. La realización preferida utiliza un pozo vertical y crea un recorrido de flujo para el fluido operativo al depósito a altas presiones. Sin embargo, se deberá entender que esta invención es aplicable a cualquier otra geometría de pozo. La realización preferida usa un pozo con caja con un tapón en la parte inferior para aislamiento del entorno externo.

40 Además, algunas realizaciones pueden emplear tuberías o conductos con zonas superficiales mejoradas, que proporcionan una mayor eficiencia de transferencia de calor. En una realización, el área superficial más grande o mejorada se logra "formando hoyuelos" en la superficie del tubo o conducto. Una configuración de "hoyuelos" ejemplar se ilustra en la figura 5A. En una realización, el tubo 500 incluyendo hoyuelos 510 se ilustra en la figura 5A. Otra realización se representa en la figura 5B, donde los pozos 520 de hoyuelos 510 están configurados con una curvatura que logra la configuración de flujo que indican las flechas. Esta configuración de flujo proporciona un canal 530 a través del que puede fluir un fluido. Este canal 530 mejora el flujo del fluido reduciendo el rozamiento entre el fluido y la superficie interior del tubo, además de proporcionar un diámetro de flujo efectivamente más pequeño, que puede aumentar la velocidad del fluido. Aunque se prefiere formar hoyuelos en los tubos, se deberá entender que también se puede usar otros elementos de superficie que aumenten el área superficial. Además de incrementar el área superficial en ambas paredes (interior y exterior) del tubo, el uso de hoyuelos u otros elementos superficiales de mejora del área superficial también da lugar a una mezcla térmica eficiente del fluido operativo a través de la turbulencia que se produce cuando el fluido operativo encuentra las características de superficie interior 520. Alternativamente, aletas metálicas (u otra composición) montadas en la pared del conducto se extienden al suelo para una transferencia de calor mejorada.

45 Aunque la presente invención y sus ventajas se han descrito en detalle, se deberá entender que se puede hacer aquí varios cambios, sustituciones y alteraciones sin apartarse del espíritu y alcance de la invención definidos por las reivindicaciones anexas. Además, no se pretende limitar el alcance de la presente solicitud a las realizaciones particulares del proceso, máquina, fabricación, composición de materia, medios, métodos y pasos descritos en la memoria descriptiva. Como apreciarán fácilmente los expertos en la técnica a partir de la descripción de la presente invención, se puede utilizar según la presente invención procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos o pasos, actualmente existentes o que se desarrollen posteriormente que realicen sustancialmente



la misma función o logren sustancialmente el mismo resultado que las realizaciones correspondientes aquí descritas. Consiguientemente, se pretende que las reivindicaciones anexas incluyan dentro de su alcance tales procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos o pasos.

REIVINDICACIONES

1. Un pozo (12) que se extiende desde una posición en o encima de la superficie de la tierra a un entorno subterráneo, incluyendo dicho pozo:
- 5 una cabeza de pozo en o encima de dicha superficie de la tierra;
- un agujero de pozo (16) que se extiende desde dicha superficie de la tierra a dicha posición subterránea;
- 10 una caja (18) dispuesta en dicho agujero de pozo (16);
- un conducto de inyección (26), extendiéndose una porción de dicho conducto de inyección (26) desde dicha superficie a una primera posición en dicho entorno subterráneo, donde dicho conducto de inyección (26) tiene un primer diámetro interior; y
- 15 un conducto de producción (30) dispuesto en dicha caja (18), extendiéndose una porción de dicho conducto de producción (30) desde dicha superficie a una segunda posición en dicho entorno subterráneo, donde dicho conducto de producción (30) tiene un segundo diámetro interior,
- 20 donde dicho conducto de producción (30) está acoplado por fluido a dicho conducto de inyección (26) a través de dicho agujero de pozo (16), y dicho primer diámetro interior es más grande que dicho segundo diámetro interior, **caracterizado porque:**
- el conducto de inyección (26) está dispuesto en dicha caja (18); y
- 25 dicha caja (18) incluye además un volumen de fluido de intercambio térmico en forma líquida y una zona de gas situada encima de dicho volumen de fluido de intercambio térmico en forma líquida.
2. El pozo (12) de la reivindicación 1, donde:
- 30 dicho pozo (12) incluye además un sistema de extracción de energía (14) acoplado por fluido a dicho conducto de producción (30); o
- dicho conducto de producción (30) incluye un material aislante térmico en al menos una porción de su longitud.
- 35 3. El pozo (12) de la reivindicación 1, donde al menos una porción de dicha caja (18) contacta directamente el entorno subterráneo o está rodeada por una pared conductora térmica.
4. El pozo (12) de la reivindicación 1, donde al menos uno de dicho conducto de inyección (26) y dicho conducto de producción (30) incluye elementos de superficie, donde, opcionalmente, dichos elementos de superficie incluyen hoyuelos.
- 40 5. Un método de captar energía térmica incluyendo:
- 45 introducir, a una primera velocidad, un fluido de intercambio térmico a un agujero de pozo (16) a través de un conducto de inyección (26), donde una porción de dicho agujero de pozo (16) está dispuesta en un entorno subterráneo; y
- 50 extraer, a una segunda velocidad, dicho fluido de intercambio térmico de dicho agujero de pozo (16) a través de un conducto de producción (30) que está dispuesto en una caja (18), donde dicha caja (18) está dispuesta en dicho agujero de pozo (16), **caracterizado porque:**
- dicha segunda velocidad es más rápida que dicha primera velocidad;
- 55 dicho conducto de inyección (26) está dispuesto en dicha caja (18); y
- el método incluye además mantener una zona de gas encima de un volumen de fluido de intercambio térmico en dicha caja (18), donde dicho volumen de fluido de intercambio térmico en dicha caja (18) está en forma líquida y dicha zona de gas está dispuesta en dicha caja (18).
- 60 6. El método de la reivindicación 5, donde dicha segunda velocidad que es más rápida que dicha primera velocidad se logra al menos por dicho conducto de inyección (26) que tiene un diámetro interior, denominado un primer diámetro interior, que es diferente de un diámetro interior, denominado un segundo diámetro interior, de dicho conducto de producción (30).
- 65 7. El método de la reivindicación 5 incluyendo además el paso de producir energía a partir de dicho fluido de

intercambio térmico extraído.

- 5 8. El método de la reivindicación 5, incluyendo además el paso de aislar una porción de dicho conducto de producción (30).
9. El método de la reivindicación 5, incluyendo además el paso de:  
proporcionar una pared conductora térmica alrededor de una porción de dicha caja (18); o
- 10 exponer una porción del exterior de dicha caja (18) a dicho entorno subterráneo.
10. El método de la reivindicación 5, incluyendo además el paso de dotar a al menos uno de dicho conducto de inyección (26) y dicho conducto de producción (30) de un área superficial mejorada.
- 15 11. El pozo (12) de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 5, donde dicho fluido de intercambio térmico se selecciona a partir del grupo que consta de agua, alcohol, refrigerante y una combinación de los mismos.
12. El pozo (12) de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 5, donde dicha zona de gas está a una presión superior a la presión atmosférica, o dicha zona de gas incluye un gas seleccionado del grupo que consta de aire, nitrógeno, argón, otros gases adecuados y una combinación de los mismos.
- 20 13. El pozo (12) de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 6, donde el primer diámetro interior y el segundo diámetro interior tienen una relación seleccionada del grupo que consta de 8.3, superior a 1, superior a 1,5, superior a 2, y superior a 2,5.
- 25 14. El pozo (12) de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 5, donde dicha caja (18) no está perforada.

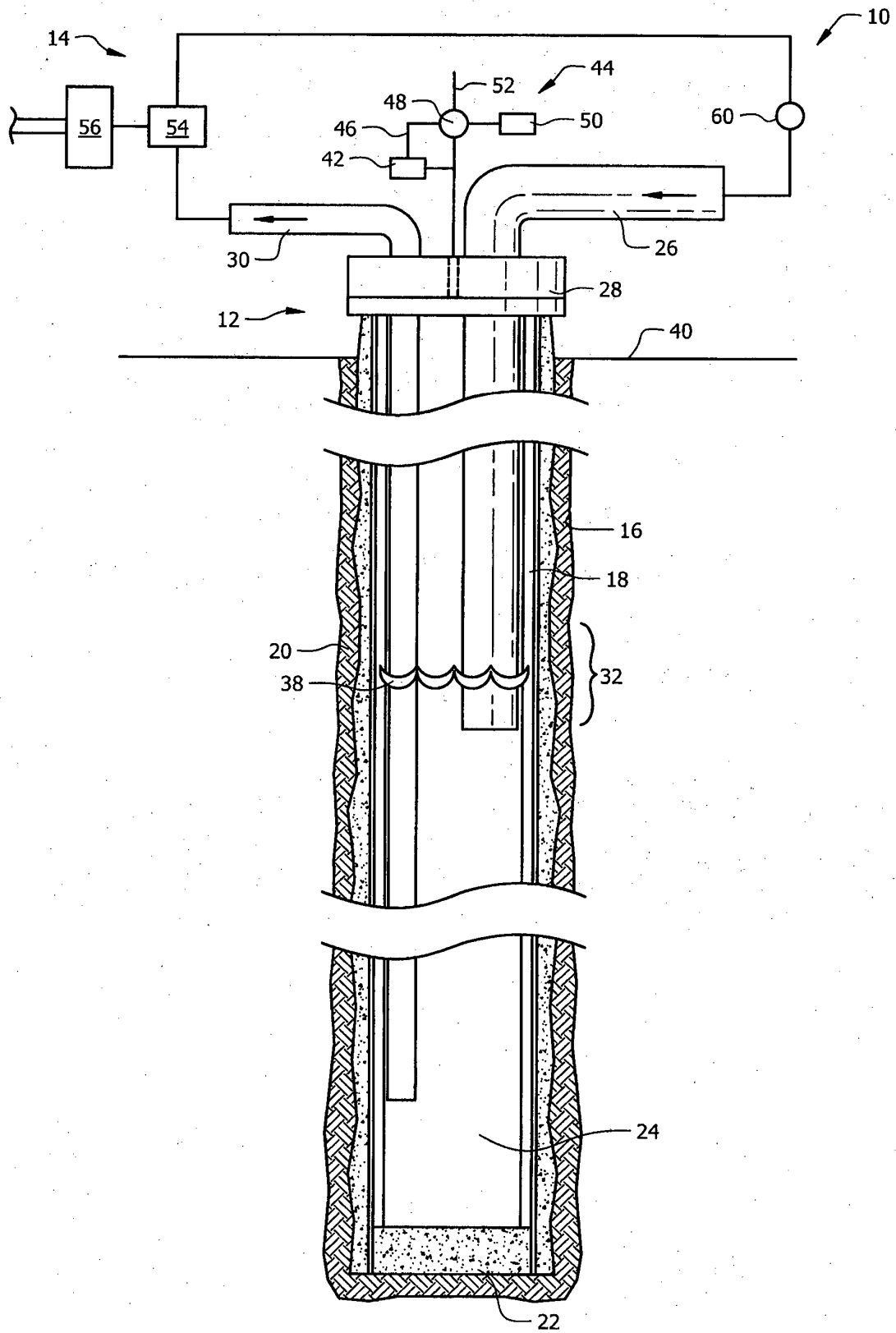


FIG. 1

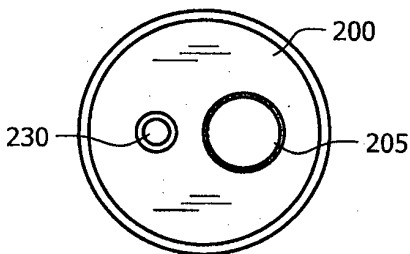
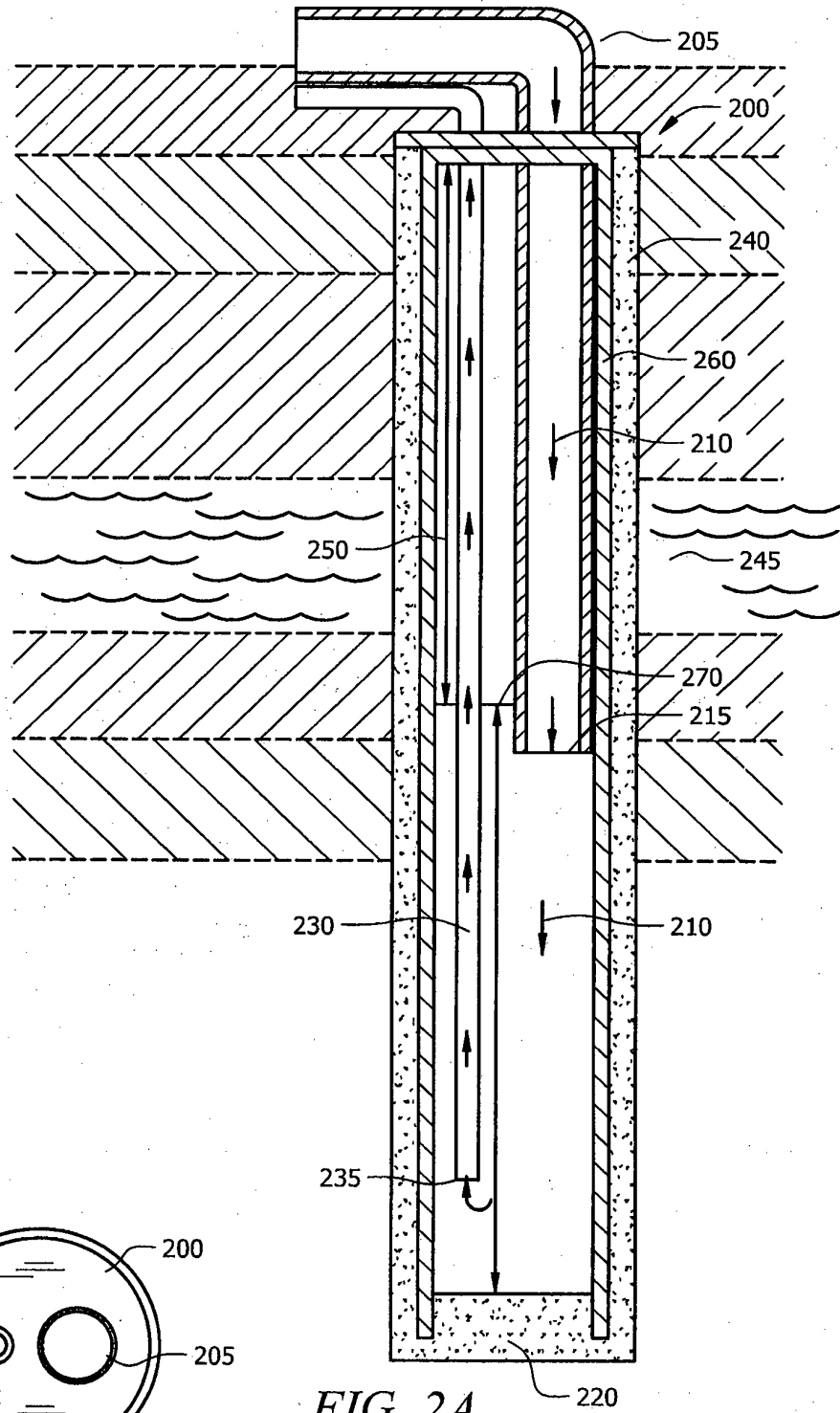


FIG. 2B

FIG. 2A

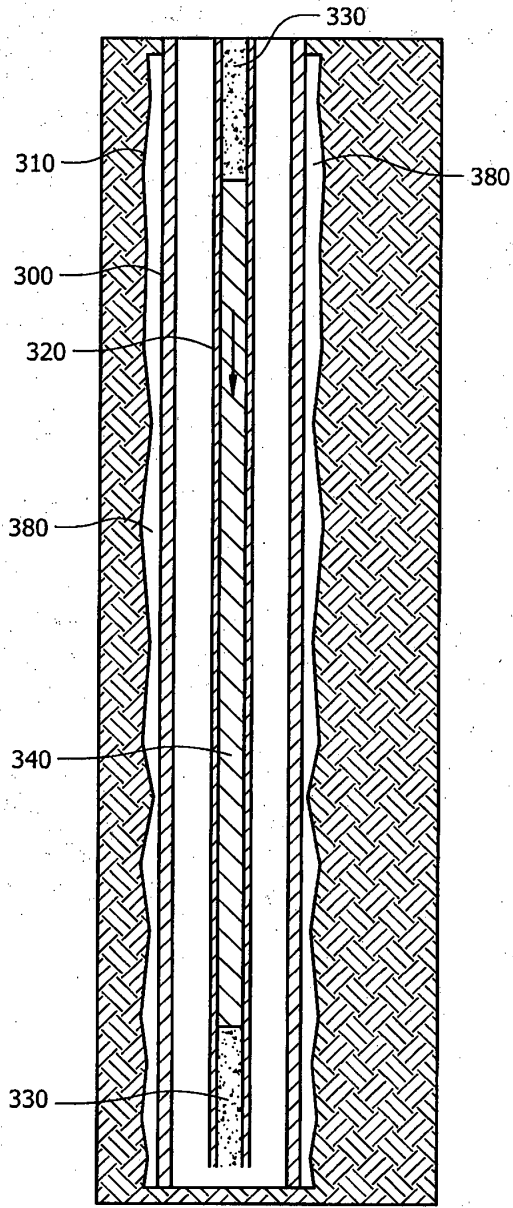


FIG. 3A

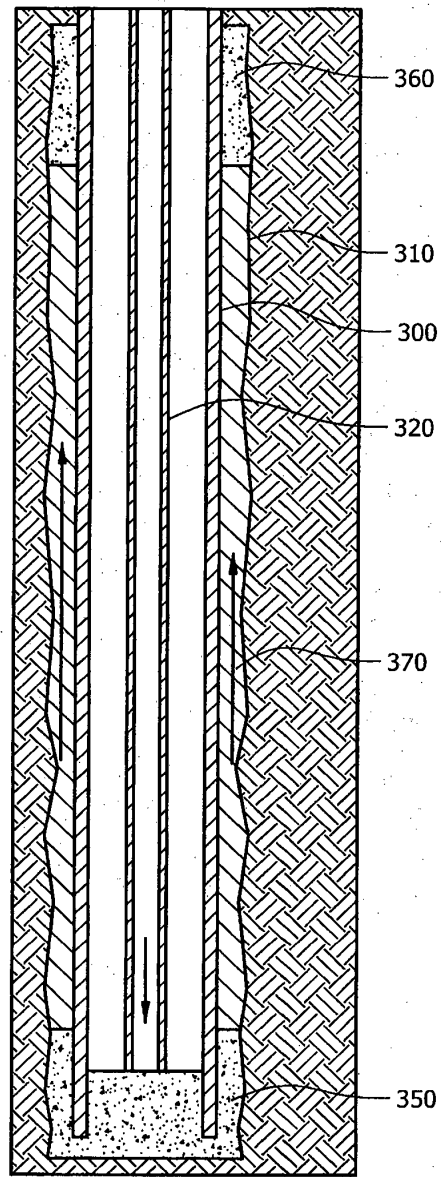


FIG. 3B

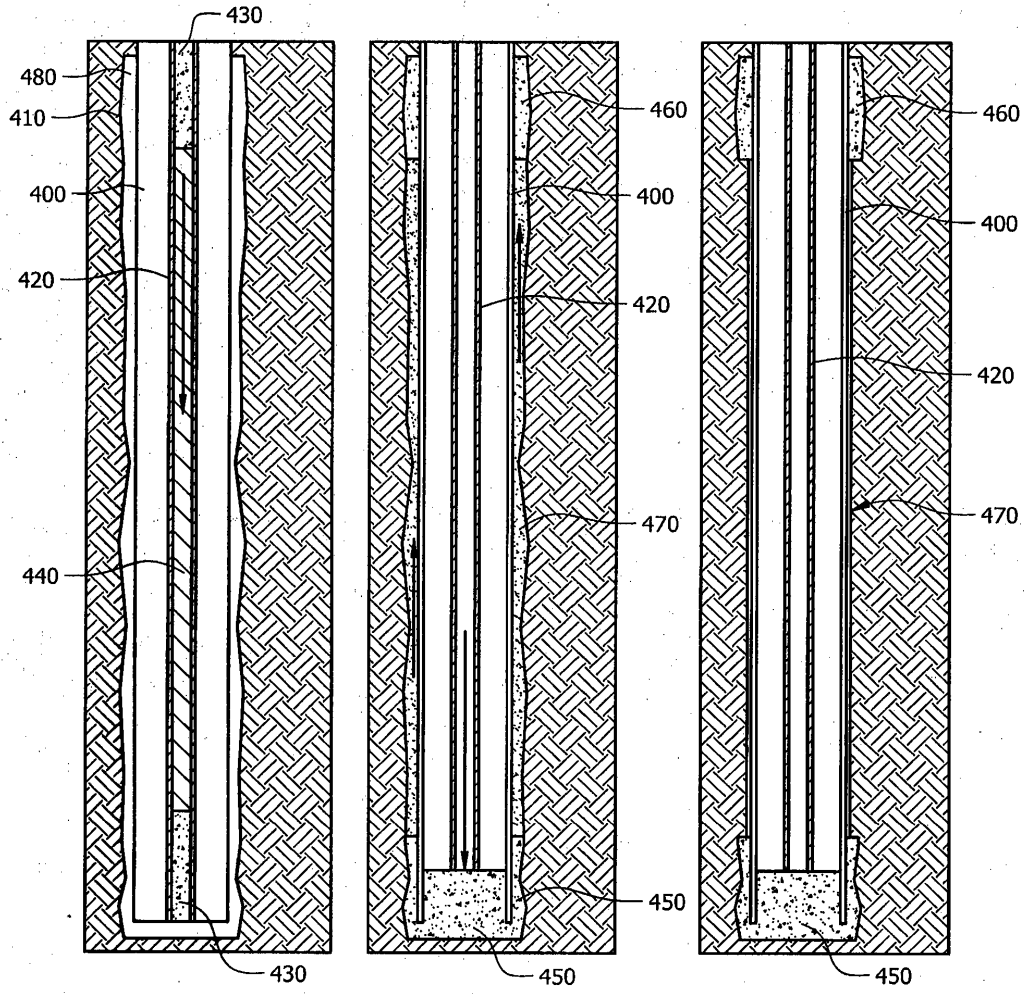


FIG. 4A

FIG. 4B

FIG. 4C

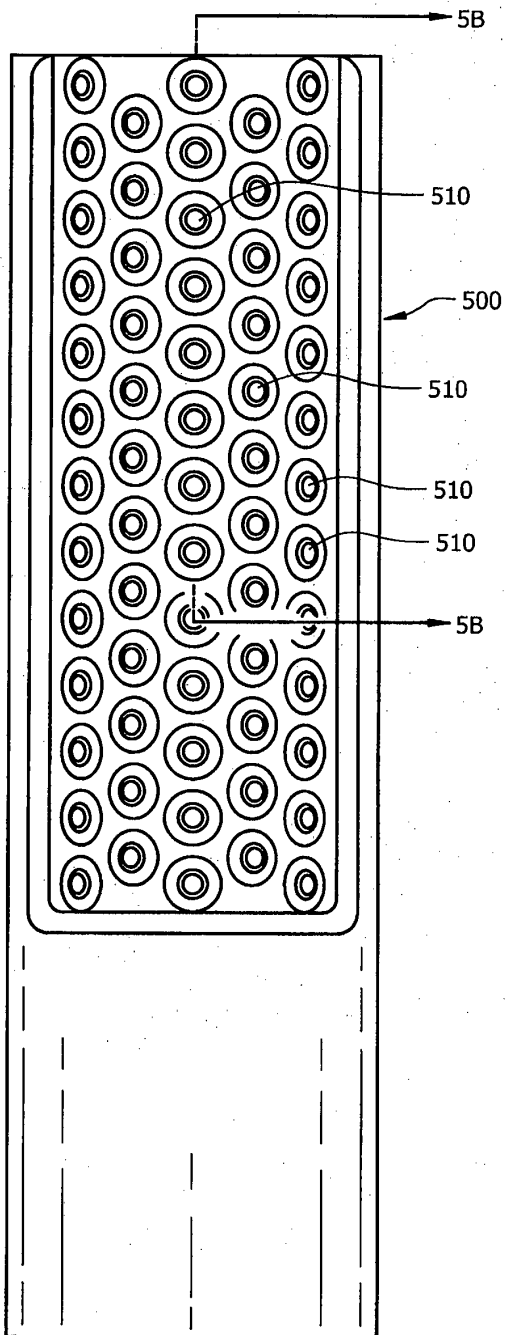


FIG. 5A

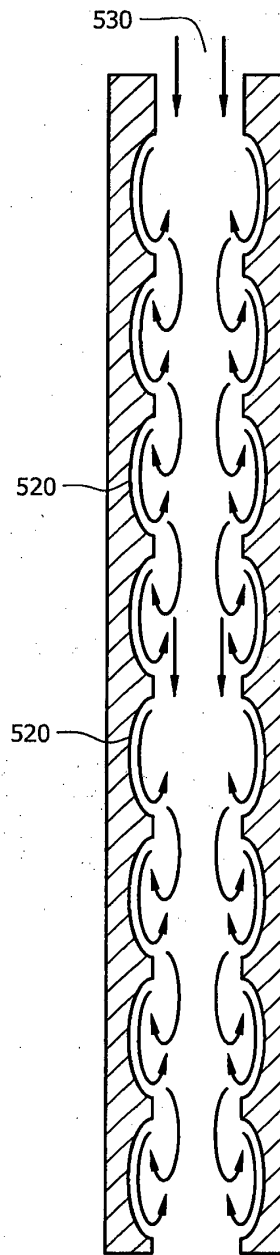


FIG. 5B