

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 552**

51 Int. Cl.:

F01K 25/10	(2006.01)
F03G 7/04	(2006.01)
F24J 3/08	(2006.01)
F01K 3/06	(2006.01)
F01K 25/08	(2006.01)
F02C 1/06	(2006.01)
F02C 1/10	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.05.2007 PCT/AU2007/000646**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.11.2007 WO07131281**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2007 E 07718892 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2021587**

54 Título: **Procedimiento y sistema para generar energía a partir de una fuente de calor**

30 Prioridad:

15.05.2006 AU 2006902575

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

28.09.2017

73 Titular/es:

**GRANITE POWER LIMITED (100.0%)
Level 6, 9 Barrack Street
Sydney, NSW 200, AU**

72 Inventor/es:

**MOGHTADERI, BEHDAD y
DOROODCHI, ELHAM**

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 634 552 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

Procedimiento y sistema para generar energía a partir de una fuente de calor.

5 **CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un procedimiento y un sistema para generar energía a partir de una fuente de calor y, en particular, a un procedimiento y un sistema para generar energía a partir de una fuente de calor geotérmica.

10 La invención se ha desarrollado principalmente para utilizarse en la generación de energía a partir de una fuente de calor geotérmica y se describirá a continuación con referencia a esta aplicación. Sin embargo, se apreciará que la invención no está limitada a este campo de uso particular.

15 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Cualquier discusión de la técnica anterior en la memoria no debe considerarse en modo alguno como una admisión de que tal técnica anterior es ampliamente conocida o forma parte del conocimiento general común en el campo.

20 El aumento de la preocupación por el consumo de combustibles fósiles y la reducción de gases de efecto invernadero ha llevado a investigación y desarrollo centrándose en la maximización de la eficiencia en la generación de energía y en recursos de energía renovable. Un recurso de energía renovable es la energía geotérmica que deriva de la energía térmica almacenada en la profundidad de la Tierra. Si bien el aumento de la eficiencia de la generación de energía es una preocupación común para todos los recursos energéticos, éste es de particular interés para centrales geotérmicas.

La producción de energía a partir de energía geotérmica básicamente consiste en extraer fluido geotérmico de un yacimiento y convertir la energía térmica almacenada en el fluido geotérmico en trabajo mecánico y después en electricidad. Los ciclos convencionales de energía geotérmica pueden clasificarse generalmente en ciclos de vapor directos sin condensación, ciclos de valor directos con condensación (flash simple o flash doble), ciclos binarios y ciclos combinados. Todos, excepto los ciclos de vapor directo sin condensación, utilizan un fluido de trabajo para intercambiar calor con la fuente de calor geotérmica y accionar la turbina para generar energía. Los ciclos de condensación de vapor directo están limitados a los yacimientos geotérmicos de vapor seco, que son mucho más raros que otros yacimientos geotérmicos, tales como yacimientos de agua caliente y de roca caliente y seca.

35 Sin embargo, estos ciclos de energía convencionales fueron originalmente diseñados para la producción de energía a gran escala a partir de combustibles fósiles, donde se encuentran disponibles las fuentes de temperatura más alta para el intercambio de calor. Por consiguiente, en estos ciclos de energía convencionales, la evaporación y la condensación del fluido de trabajo se producen ambas a temperaturas constantes. En el contexto de fuentes geotérmicas, esto da lugar a grandes desajustes de temperatura entre el fluido de trabajo y la fuente de calor geotérmica durante los procesos de adición o rechazo de calor en el ciclo termodinámico. Por ejemplo, en un ciclo binario, la diferencia de temperatura entre el fluido de trabajo y geotérmico en el intercambiador de calor primario podría ser entre 80 °C y 100 °C. En términos de termodinámica, mayores diferencias de temperatura en el proceso de intercambio de calor aumentan la entropía en el ciclo de energía, reduciendo así la eficiencia, particularmente las eficiencias de segunda ley relacionadas con la exergía (disponibilidad), del proceso de intercambio de calor y resultando en una baja recuperación de energía para la generación de energía.

50 Para resolver este problema, el ciclo de Kalina emplea una mezcla zeotrópica de múltiples componentes de amoníaco y agua como fluido de trabajo y un equipo de absorción y destilación adicional para reconstituir la mezcla en el extremo de baja temperatura del ciclo. El fluido de trabajo de múltiples componentes tiene una temperatura de cambio de fase variable durante la evaporación, de modo que la evaporación del fluido de trabajo se produce en una gama de temperaturas. Por lo tanto, la temperatura de la mezcla puede coincidir más estrechamente con la temperatura del fluido geotérmico para aumentar la cantidad de energía térmica que se recupera y minimizar la entropía en el ciclo, mejorando de este modo la eficiencia del proceso de intercambio de calor para aplicaciones de baja temperatura, tales como fuentes de calor geotérmica, en comparación con la generación de energía basada en combustibles fósiles.

60 Un inconveniente del ciclo de Kalina es que el equipo de absorción y destilación añadido al ciclo crea una mayor complejidad para el sistema y aumenta significativamente el coste de instalación de la planta en comparación con otros tipos de plantas de energía. Además, el ciclo de Kalina tiene una alta sensibilidad a la presión y la composición de la mezcla de agua y amoníaco, lo que limita el funcionamiento del ciclo en toda la gama de posibles temperaturas del yacimiento geotérmico y establece efectivamente un límite inferior en la temperatura mínima a la que puede comercializarse una fuente de energía geotérmica profunda.

US 3237403 Describe un ciclo de energía de compresión-expansión en el que el fluido de trabajo es supercrítico en las etapas de calentamiento, expansión y regeneración de calor.

5 De acuerdo con un aspecto de la invención, se presenta un procedimiento para generar energía a partir de una fuente de calor, incluyendo dicho procedimiento:

comprimir un fluido de trabajo para aumentar su temperatura;
 10 intercambiar calor entre dicho fluido de trabajo y dicha fuente de calor para sobrecalentar dicho fluido de trabajo;
 expandir dicho fluido de trabajo sobrecalentado para accionar una turbina, reduciendo así su temperatura;
 condensar dicho fluido de trabajo para reducir más su temperatura; y
 15 devolver dicho fluido de trabajo a dicha etapa de compresión,

incluyendo el procedimiento, además, la etapa de regenerar el calor de dicho fluido de trabajo, en el que el fluido de trabajo que pasa entre dicha etapa de compresión y dicha etapa de intercambio de calor intercambia calor con fluido de trabajo que pasa entre dicha etapa de expansión y dicha etapa de condensación,
 20 en el que dichas etapas se llevan a cabo en un ciclo termodinámico dentro de una región supercrítica por encima de la cúpula de saturación de dicho fluido de trabajo, y en el que la presión o temperatura en dicha etapa de regeneración de calor se controla para mantener unas condiciones isentálpicas e inducir un intercambio de calor continuo.

25 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se presenta un sistema para generar energía a partir de una fuente de calor, incluyendo dicho sistema:

un compresor para comprimir un fluido de trabajo para aumentar su temperatura;
 un primer intercambiador de calor que puede conectarse de manera fluida a dicho compresor y dicha
 30 fuente de calor para intercambiar calor entre dicho fluido de trabajo y dicha fuente de calor para sobrecalentar dicho fluido de trabajo;
 una turbina que puede conectarse de manera fluida a dicho primer intercambiador de calor para expandir dicho fluido de trabajo sobrecalentado, reduciendo de este modo su temperatura;
 un segundo intercambiador de calor para condensar dicho fluido de trabajo para reducir
 35 adicionalmente su temperatura, pudiéndose conectar dicho segundo intercambiador de calor de manera fluida a dicha turbina y dicho compresor, y
 un regenerador de calor, pudiéndose interconectar dicho regenerador de calor de manera fluida entre dicho compresor y dicho primer intercambiador de calor para precalentar dicho fluido de trabajo antes
 40 de entrar en dicho primer intercambiador de calor, y pudiéndose interconectar de manera fluida entre dicha turbina y dicho segundo intercambiador de calor para enfriar dicho fluido de trabajo después de salir de dicha turbina, en el que el fluido de trabajo que pasa entre dicho compresor y dicho primer intercambiador de calor intercambia calor con fluido de trabajo que pasa entre dicha turbina y dicho condensador,
 45 en el que dicho sistema funciona en un ciclo termodinámico dentro de una región supercrítica por encima de la cúpula de saturación de dicho fluido de trabajo y en el que la presión o temperatura en dicho regenerador se controla para mantener unas condiciones isentálpicas e inducir un intercambio de calor continuo.

Preferiblemente, la presión y la temperatura en la etapa de regeneración de calor se controlan para mantener dichas condiciones isentálpicas. Preferiblemente, la etapa de regeneración de calor incluye controlar la temperatura de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre la etapa de compresión y la etapa de intercambio de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de expansión y la etapa de condensación. Preferiblemente, la temperatura en dicha etapa de regeneración de calor es tal que $\frac{\Delta h}{\Delta T} \neq 0$, donde Δh es la diferencia de entalpía entre el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de compresión y la etapa de intercambio de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de expansión y la etapa de condensación y ΔT es la diferencia de temperatura entre los fluidos de trabajo.
 55

Preferiblemente, el procedimiento incluye, además, la etapa de monitorizar la temperatura en dicha etapa de regeneración de calor. Preferiblemente, la etapa de regeneración de calor incluye controlar la presión de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre la etapa de compresión y la etapa de intercambio de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de expansión y la etapa de condensación, controlando de este modo la temperatura de dicho por lo menos un fluido de trabajo.
 60

5 Preferiblemente, la etapa de regeneración de calor incluye controlar la presión de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre la etapa de compresión y la etapa de intercambio de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de expansión y la etapa de condensación. Preferiblemente, la etapa de regeneración de calor incluye controlar la presión del fluido de trabajo que pasa entre la etapa de compresión y la etapa de intercambio de calor. Preferiblemente, la etapa de regeneración de calor incluye controlar la presión curso arriba de dicho por lo menos un fluido de trabajo para inducir un cambio en la temperatura curso abajo.

10 Preferiblemente, el regenerador de calor incluye medios de controlar de la temperatura en el interior de dicho regenerador de calor para mantener dichas condiciones isentálpicas. Preferentemente, los medios de control de la temperatura controlan la temperatura de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre el compresor y el primer intercambiador de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la turbina y el condensador. Preferiblemente, la temperatura en dicho regenerador de calor es tal que $\frac{\Delta h}{\Delta T} \neq 0$, donde Δh es la diferencia de entalpía entre el fluido de trabajo que pasa entre el compresor y el primer intercambiador de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la turbina y el condensador y ΔT es la diferencia de temperatura entre los fluidos de trabajo.

20 Preferiblemente, el sistema incluye medios de monitorización de la temperatura en el interior de dicho regenerador. Preferiblemente, los medios de monitorización de la temperatura incluyen uno o más termopares situados en el interior del regenerador. Preferiblemente, el regenerador incluye medios de control de la presión de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre el compresor y el primer intercambiador de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la turbina y el condensador en respuesta a dichos medios de monitorización de la temperatura, controlando de este modo la temperatura de dicho por lo menos un fluido de trabajo.

25 Preferiblemente, el sistema incluye medios de control de la presión en el interior de dicho regenerador para mantener dichas condiciones isentálpicas. Preferentemente, los medios de control de la presión controlan la presión de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre el compresor y el primer intercambiador de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la turbina y el condensador. Preferiblemente, los medios de control de la presión controlan la presión del fluido de trabajo que pasa entre el compresor y el primer intercambiador de calor. Preferiblemente, los medios de control de la presión controlan la presión curso arriba de dicho por lo menos un fluido de trabajo para inducir un cambio en la temperatura curso abajo. Preferiblemente, los medios de control de la presión incluyen por lo menos una o más válvulas para controlar la presión de dicho por lo menos un fluido de trabajo. Preferiblemente, las válvulas son válvulas de mariposa.

35 Preferiblemente, la presión de funcionamiento utilizada en el procedimiento y en el sistema es mayor que el punto crítico del fluido de trabajo. Preferiblemente, la presión de funcionamiento es inferior a 30 MPa. Se prefiere que la presión de funcionamiento sea inferior a 15 MPa. Preferiblemente, la presión de trabajo está comprendida entre 8 y 12 MPa. Preferiblemente, la temperatura de funcionamiento utilizada en el procedimiento y el sistema se encuentra entre 100 °C y 200 °C.

40 Preferiblemente, el fluido de trabajo tiene una presión crítica entre 3,3 MPa y 7,5 MPa. Preferiblemente, el fluido de trabajo tiene una temperatura crítica entre 30 °C y 200 °C.

45 Se prefiere que el fluido de trabajo esté compuesto por un solo componente. Alternativamente, puede utilizarse un fluido de trabajo de componentes múltiples si se desea.

Preferiblemente, el fluido de trabajo incluye dióxido de carbono, n-pentano (C_5H_{12}), HFC-245ca ($CF_2H-CF_2-CFH_2$), HFC - 245fa ($CF_3-CH_2-CF_2H$), HFC-134a (CH_2F-CF_3), refrigerante 125 y pentafluoroetano (F_4CH_2F).

50 Preferiblemente, la fuente de calor incluye una fuente de calor geotérmica o una fuente de calor residual. Preferiblemente, la fuente de calor geotérmica incluye un depósito de roca caliente y seca o un depósito de agua caliente. Alternativamente, la fuente de calor residual incluye agua de refrigeración o vapor residual de una central de energía convencional, incluyendo una central de carbón, turba, petróleo, gas u otra fuente de energía de combustibles fósiles.

55 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación, se describirán unas realizaciones preferidas de la invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

60 La figura 1 es un diagrama de fase de temperatura-entropía de un fluido de trabajo;
La figura 2 es un diagrama de fase de temperatura-entropía que ilustra un ciclo de Rankine;

La figura 3 es un diagrama de fase de temperatura-entropía que ilustra un procedimiento de acuerdo con una primera realización de la invención;

La figura 4 es un dibujo esquemático de un sistema de acuerdo con la primera realización;

La figura 5 es una gráfica que ilustra la variación de la entalpía frente a la temperatura para un fluido de trabajo puro;

5 La figura 6 es un dibujo esquemático de un regenerador para un sistema de acuerdo con una segunda realización de la invención;

La figura 7 es un diagrama de fase de temperatura-entropía que ilustra un procedimiento de acuerdo con la segunda realización;

10 La figura 8 es una gráfica que ilustra la comparación de la eficiencia de conversión térmica de la segunda realización con un ciclo de potencia convencional;

La figura 9 es una gráfica que ilustra la comparación de la eficiencia exergética de la segunda realización con un ciclo de potencia convencional; y

La figura 10 es una gráfica que ilustra la comparación del trabajo específico obtenido por la segunda realización con un ciclo de potencia convencional.

15 REALIZACIONES PREFERIDAS DE LA INVENCION

La figura 1 es un diagrama de fase de un fluido de trabajo puro en el dominio de temperatura (T) - entropía (S). En el diagrama, las líneas discontinuas P son isobaras que representan una presión constante. La cúpula de saturación A define el límite en el que el fluido de trabajo se encuentra en un estado saturado. La mayoría de los ciclos de potencia convencionales, tales como el ciclo de Rankine mostrado en la figura 2, operan en la fase de saturación del fluido de trabajo, o alrededor de la misma, tal como se define por la cúpula de saturación A de manera que cualquier cambio de fase asociado al ciclo tiene lugar bajo una presión y temperatura constantes. Esto significa que la energía de la fuente de calor se pierde durante cambios de fase del fluido de trabajo dentro de la cúpula de saturación A. Por el contrario, las realizaciones de la invención evitan estas pérdidas de calor operando por encima de la cúpula de saturación A.

Haciendo referencia a las figuras 3 y 4, se ilustra una realización de la invención. Tal como se muestra mejor en la figura 3, el procedimiento para generar energía a partir de una fuente de calor incluye la etapa 10 de comprimir un fluido de trabajo para aumentar su temperatura (estados S4-S1) y la etapa 11 de intercambiar calor entre el fluido de trabajo y la fuente de calor para sobrecalentar el fluido de trabajo (estados S1'-S2). En la etapa 12, el fluido de trabajo sobrecalentado se expande para accionar una turbina, reduciendo de este modo su temperatura (estados S2-S3). Entonces, en la etapa 13, el fluido de trabajo se condensa para reducir más su temperatura (estados S3'-S4) antes de que sea devuelto a la etapa de compresión 10. El procedimiento incluye, además, una etapa de regeneración de calor 14 en la que el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de compresión 10 y la etapa de intercambio de calor 11 (estados S1-S1') intercambia calor con el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de expansión 12 y la etapa de condensación 13 (estados S3-S3'). De este modo, en efecto, el fluido de trabajo es precalentado después de la etapa de compresión 10 y antes de intercambiar calor con la fuente de calor en la etapa 11, y el fluido de trabajo es enfriado después de la etapa de expansión 12 antes de la etapa de condensación 13. Estas etapas 10 a 14 se realizan en un ciclo termodinámico (S1-S1'-S2-S3-S3'-S4) dentro de la región supercrítica SC por encima de la cúpula de saturación A del fluido de trabajo y la etapa de regeneración de calor 14 se realiza bajo condiciones isentálpicas para inducir un intercambio de calor continuo.

El procedimiento ilustrado en la figura 3 puede implementarse en un sistema 15 para generar energía a partir de una fuente de calor 16, tal como se muestra mejor en la figura 4. El sistema incluye un compresor 17 en forma de bomba de alimentación para comprimir un fluido de trabajo para aumentar su temperatura y un primer intercambiador de calor 18 en forma de intercambiador de calor de alta temperatura que puede conectarse de manera fluida al compresor 17 y la fuente de calor 16 para intercambiar calor entre el fluido de trabajo y la fuente de calor 16 para recalentar el fluido de trabajo. Puede conectarse de manera fluida una turbina 19 al intercambiador de calor de alta temperatura 18 para expandir el fluido de trabajo sobrecalentado, reduciendo de este modo su temperatura. Puede conectarse de manera fluida un segundo intercambiador de calor 20 en forma de intercambiador de calor de baja temperatura a la turbina 19 y el compresor 17 para condensar el fluido de trabajo para reducir adicionalmente su temperatura utilizando un fluido refrigerante obtenido de un depósito de fluido frío adecuado 21. Un regenerador de calor 22 puede interconectarse de manera fluida entre el compresor 17 y el primer intercambiador de calor 18 para precalentar el fluido de trabajo antes de entrar en el intercambiador de calor de alta temperatura, y puede interconectarse de manera fluida entre la turbina 19 y el intercambiador de calor de baja temperatura 20 para enfriar el fluido de trabajo después de salir de la turbina 19. El regenerador de calor 22 utiliza el fluido de trabajo "caliente" que pasa entre la turbina 19 y el condensador 20 (flujo 24) para precalentar el fluido de trabajo "frío" que pasa entre el compresor 16 y el intercambiador de calor de alta temperatura 18 (flujo 23). El sistema 15 funciona en un ciclo termodinámico (S1-S1'-S2-S3-S3'-S4) dentro de una región supercrítica SC por encima de la cúpula de saturación A del fluido de trabajo, y el regenerador 22 opera bajo condiciones isentálpicas para inducir un intercambio de calor continuo.

El ciclo termodinámico (S1-S1'-S2-S3-S3'-S4) es sustancialmente similar a un ciclo de Rankine, aunque se eleva a la región supercrítica SC por encima de la cúpula de saturación A del fluido de trabajo y los estados S1-S1' y S3-S3' se encuentran bajo condiciones isentálpicas.

5 Llevando a cabo todo el ciclo termodinámico (S1-S1'-S2-S3-S3'-S4) dentro de la región supercrítica SC por encima de la cúpula de saturación A, este proceso completamente supercrítico reduce las pérdidas de eficiencia asociadas al intercambiador de calor de alta temperatura 18 y el intercambiador de calor de baja temperatura 20. Es decir, en los estados S1-S1'-S2 y S3-S3'-S4, el fluido de trabajo se sobrecalienta y se condensa a temperaturas variables en lugar de a una temperatura constante, como en ciclos de energía convencionales. Esto minimiza la desigualdad de temperatura entre el fluido geotérmico y el fluido de trabajo y entre el fluido frío y el fluido de trabajo. Por lo tanto, se reduce la entropía en el ciclo termodinámico (S1-S1'-S2-S3-S3'-S4), y se incrementa la eficiencia de la conversión de energía.

15 Además, el regenerador de calor 22 reduce de este modo la cantidad de energía requerida para el proceso de adición de calor realizado por el compresor 17, mejorando de este modo el rendimiento del ciclo termodinámico (S1-S1'-S2-S3-S3'-S4) dentro de la región supercrítica SC por encima de la cúpula de saturación A de los fluidos de trabajo.

20 Además, debido a que la etapa de regeneración de calor 14 se lleva a cabo en condiciones isentálpicas, siempre hay un gradiente de temperatura para actuar como fuerza motriz para el intercambio de calor continuo entre los flujos paralelos 23 y 24 de los fluidos de trabajo en el interior del regenerador 22.

25 La importancia de realizar la etapa de regeneración bajo condiciones isentálpicas se ilustra mejor en la figura 5, que muestra una gráfica de la diferencia de entalpía de los flujos de fluido de trabajo "fríos" y "calientes" (Δh) en función de la temperatura (T) para una sustancia pura como fluido de trabajo, tal como dióxido de carbono, en condiciones supercríticas SC. La curva resultante muestra un máximo P_m , en el que $\frac{\Delta h}{\Delta T} = 0$, donde no hay gradiente de temperatura para impulsar el proceso de intercambio de calor. En consecuencia, la existencia de un punto máximo P_m para Δh es un detrimento de la eficiencia del ciclo termodinámico, puesto que impide un intercambio de calor continuo y reduce así la eficiencia de la conversión de energía.

30 Por el contrario, en la realización preferida, la temperatura se controla de manera que la entalpía en la etapa de regeneración de calor se mantiene constante; es decir, bajo condiciones isentálpicas, y la temperatura es tal que $\frac{\Delta h}{\Delta T} \neq 0$, asegurando que por toda la etapa de regeneración de calor 14 salga un gradiente de temperatura, dando como resultado la continuación del proceso de intercambio de calor entre las corrientes de fluido de trabajo "frío" y "caliente" 23 y 24 que pasan a través del regenerador de calor 22.

40 Además, la eficiencia mejorada derivada del procedimiento y el sistema 15 se optimiza funcionando a presiones por encima del punto crítico del fluido de trabajo. Por consiguiente, seleccionando el tipo de fluido de trabajo apropiado, el sistema 15 puede funcionar dentro de un intervalo de presión deseado para cumplir con cualquier limitación en costes operativos o requisitos de seguridad. En este contexto, la presión de funcionamiento utilizada en el procedimiento y en el sistema es preferiblemente inferior a 15 MPa, aunque las presiones de funcionamiento pueden ser de hasta 30 MPa. En particular, se ha encontrado que presiones de funcionamiento entre 8 y 12 MPa permiten una mayor selección de fluidos de trabajo adecuados. Trabajar en estas presiones de funcionamiento preferidas permite la aplicación de las realizaciones de la invención a mayores rangos de temperaturas, generalmente entre 45 100 °C y 200 °C.

Ejemplos de intercambiadores de calor de alta temperatura incluyen calderas y generadores de vapor. Intercambiadores de calor de baja temperatura adecuados son condensadores refrigerados por aire o refrigerados por agua.

50 Se contempla que esta realización de la invención sea aplicable a la mayoría de las fuentes de calor y, en particular, puede utilizarse una parte de un ciclo de "bottoming" que utiliza el calor residual de una central térmica de carbón convencional u otras centrales a base de combustibles fósiles, tales como turba, petróleo y centrales a base de gas.

55 En las figuras 6 y 7 se ilustra una realización particularmente preferida de la invención para fuentes de calor geotérmicas, en la cual se han dado los mismos números de referencia a características correspondientes. Esta realización tiene en cuenta que, para las fuentes de calor geotérmicas, la estrecha proximidad de las líneas de presión constante P en la región supercrítica SC puede dar como resultado una pequeña potencia de salida neta y las temperaturas máximas del ciclo son relativamente bajas en comparación con otras fuentes de calor. En particular, aunque la realización tiene todas las características del sistema 15 mostrado en la figura 4, el regenerador 60

de calor 22 tiene un sistema de monitorización de la temperatura (no mostrado). El sistema de monitorización de la temperatura incluye una pluralidad de termopares situados en diversas posiciones en el interior del regenerador 22, que están conectados operativamente a una unidad central de procesamiento (CPU). El regenerador 22 también incluye una pluralidad de válvulas de mariposa 26 dispuestas en la tubería 27 del flujo de fluido de trabajo "caliente" 24 entre la turbina 19 y el condensador 20, tal como se muestra mejor en la figura 6. Las válvulas de mariposa están conectadas operativamente a la CPU.

Tal como se muestra en la figura 7, el ciclo termodinámico de acuerdo con este procedimiento puede describirse en términos de la transición entre estados del fluido de trabajo tal como sigue:

Estados S1-S1'	Recuperación de calor a entalpía constante en el regenerador térmico 22
Estados S1'-S2	Adición de calor a presión constante en el intercambiador de calor a alta temperatura 18
Estados S2-S3'	Expansión en la turbina 19 para salida de trabajo
Estados S3'-S3	Recuperación de calor a entalpía constante en el regenerador térmico 22
Estados S3-S3"	Recuperación de calor a entalpía constante en el regenerador térmico 22
Estados S3"-S4	Rechazo de calor a presión constante en el intercambiador de calor de baja temperatura 20
Estados S4-S1	Elevación de presión del fluido de trabajo condensado en forma líquida por la bomba de alimentación 17

Se describirá ahora con detalle el funcionamiento del sistema 15 de acuerdo con esta realización con referencia a las figuras 4 y 6. El fluido de trabajo, en forma de CO₂ en este ejemplo, entra en la bomba de alimentación 17 en el estado S4 como líquido saturado (o ligeramente comprimido) y se comprime a la presión de funcionamiento del intercambiador de calor de alta temperatura 18. La temperatura del fluido de trabajo CO₂ aumenta ligeramente durante este proceso de compresión debido a ligeros cambios en su volumen específico.

El fluido de trabajo CO₂ entra entonces en el regenerador de calor 22, que generalmente funciona a la misma presión que el intercambiador de calor de alta temperatura 18, como un líquido comprimido en el estado S1 y sale como fase de vapor caliente en el estado S1'. Se trata de un proceso de recuperación de calor para el cual la energía térmica requerida es suministrada por el fluido de trabajo CO₂ caliente que sale de la turbina en el estado S3', ligeramente por encima de la presión mínima del ciclo, y que está sometido a variaciones de presión para mantener unas condiciones isentálpicas en el regenerador 22.

A continuación, el vapor en el estado S1' entra en el intercambiador de calor de alta temperatura 18 en el que su temperatura se incrementa o se sobrecalienta adicionalmente de manera que el fluido de trabajo CO₂ se convierte en vapor sobrecalentado al salir del estado S2. El calor necesario para elevar la temperatura del fluido de trabajo entre los estados S1' y S2 es suministrado por un fluido geotérmico caliente procedente de una fuente de calor geotérmica adecuada 16.

El vapor sobrecalentado en el estado S2 entra entonces en la turbina 19 donde se expande y produce electricidad girando el eje de un generador eléctrico (no mostrado). Durante el proceso de expansión, la presión y la temperatura del fluido de trabajo CO₂ desciende hasta alcanzar el estado S3'. En este estado, el fluido de trabajo CO₂ tiene todavía una energía térmica considerable, que se aprovecha adicionalmente haciéndolo pasar a través del regenerador de calor 22 para calentar el fluido de trabajo CO₂ "frío" que entra en el regenerador de calor 22 en el estado S1. Como resultado del intercambio de calor en el regenerador de calor 22 entre los fluidos de trabajo CO₂ calientes y fríos relativos, la temperatura del fluido de trabajo CO₂ desciende a la del estado S3" y la temperatura del fluido de trabajo CO₂ frío aumenta a la del estado S1'.

En el regenerador 22, las válvulas de mariposa 26 inicialmente se encuentran completamente abiertas y el flujo de CO₂ caliente 24 intercambia calor con el flujo de CO₂ frío 23. Cuando el sistema de monitorización de temperatura, por ejemplo, utilizando uno o más termopares, identifica que la temperatura de una zona particular en el regenerador 22 se aproxima al valor en el que $\frac{\Delta h}{\Delta T} = 0$, la CPU envía una señal a la válvula de mariposa curso arriba más próxima, por ejemplo, la válvula 26a. En respuesta, la válvula de mariposa 26a se cierra parcialmente de manera que la caída de presión resultante acelera el flujo de fluido de trabajo "caliente" 24 a una presión más baja, asegurando de este modo que el regenerador de calor 22 permanece a una entalpía constante (estados S3'-S3 y S3- S3") de manera que $\frac{\Delta h}{\Delta T} \neq 0$, y el proceso de intercambio de calor es continuo en el regenerador 22. Este ajuste de la presión localizada en el interior del regenerador 22 puede repetirse varias veces, dependiendo de las condiciones de funcionamiento, hasta que el flujo de fluido de trabajo "caliente" 24 sale del regenerador 22 a la presión de ciclo mínima en el estado S3". Durante esta transición desde el estado S3', a la entrada en el regenerador 22, al estado S3", a la salida del regenerador 22, el fluido de trabajo pasa a través del estado S3.

El fluido de trabajo CO₂ que sale del lado caliente del regenerador de calor 22 en el estado S3" se condensa entonces a una presión constante en el intercambiador de calor de baja temperatura 20 rechazando calor a un medio de refrigeración desde el depósito del medio de refrigeración 21. El fluido de trabajo CO₂ condensado sale finalmente del intercambiador de calor de baja temperatura 20 y entra en la bomba de alimentación 17 para completar el ciclo.

Aunque se ha descrito que esta realización es particularmente aplicable a fuentes de calor geotérmicas, también puede utilizarse para ciclos de "bottoming", donde la fuente de calor es el fluido de trabajo del ciclo de energía principal. Por ejemplo, el vapor de baja temperatura que sale de la turbina de ciclo principal en centrales térmicas de carbón.

Aunque en las realizaciones de la invención se ha utilizado dióxido de carbono como fluido de trabajo, pueden seleccionarse otros fluidos de trabajo, incluyendo n-pentano (C₅H₁₂), HFC-245ca (CF₂H-CF₂-CFH₂), HFC-245fa (CF₃-CH₂-CF₂H), HFC-134a (CH₂F-CF₃), refrigerante 125 y pentafluoroetano (F₄CH₂F). Las propiedades comparativas de cada fluido de trabajo se presentan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de fluidos de trabajo adecuados para la invención.

Fluido de trabajo	Presión Crítica	Temperatura crítica	Seguridad	Potencial de agotamiento del ozono
Dióxido de carbono (CO ₂)	7,38 MPa	30,9 °C	No inflamable	≈ 0
n-pentano (C ₅ H ₁₂)	3,37 MPa	196,6 °C	Inflamable	≈ 0
HFC-245ca (CF ₂ H-CF ₂ CFH ₂)	3,86 MPa	178,5 °C	No inflamable	≈ 0
HFC-245fa (CF ₃ -CH ₂ -CF ₂ H)	3,64 MPa	157,6 °C	No inflamable	≈ 0
HFC-134a (CH ₂ F-CF ₃)	4,1 MPa	101,2 °C	No inflamable	≈ 0
Refrigerante-125 Pentafluoroetano (F ₄ H-CH ₂ F)	3,7 MPa	66.8 °C	No inflamable	≈ 0

Se ha encontrado que pueden utilizarse otros fluidos de trabajo adecuados con presiones críticas entre 3,3 MPa y 7,5 MPa, y temperaturas críticas entre 30 °C y 200 °C. Además, en otras realizaciones de la invención se emplea un fluido de trabajo de múltiples componentes en el procedimiento y el sistema, en lugar de un fluido de trabajo compuesto por un solo componente.

La eficiencia de conversión térmica y la eficiencia exergética de la segunda realización de las figuras 6 y 7 se calculó como una función de la diferencia de temperatura entre el fluido geotérmico en los pozos de producción y rechazo, ΔT_{geo}. La eficiencia de conversión térmica y la eficiencia exergética de la realización preferida se comparó con la eficiencia de conversión térmica y la eficiencia exergética de ciclos de energía convencionales. El fluido de trabajo seleccionado para la segunda realización fue dióxido de carbono.

Tal como se muestra mejor en la figura 8, la eficiencia de conversión térmica de la segunda realización (denominada CO₂-RG-SC) fue mayor que la eficiencia de conversión térmica de ciclos de energía convencionales. Para la segunda realización, la eficiencia de conversión térmica oscila entre 10% y 18% con un promedio de 16,5%. Por el contrario, para ciclos de energía convencionales, incluido el ciclo de Kalina, la eficiencia de conversión térmica no varía y se encuentra alrededor de un valor nominal entre 11% y 12%. Igualmente, la eficiencia exergética de la realización fue mayor que la eficiencia exergética de los ciclos de energía convencionales a medida que aumenta ΔT_{geo}, tal como se muestra mejor en la figura 9. Así, las figuras 8 y 9 indican que las eficiencias de conversión térmica y exergética de la realización son muy superiores a las de las eficiencias de conversión térmica y exergética de los ciclos de energía convencionales.

Estas eficiencias de conversión térmica y exergética mejoradas implican que puede generarse más energía a partir de esta realización por unidad de energía de entrada que a partir de un ciclo de energía convencional. Esto se ilustra en la figura 10, que muestra una gráfica de la energía específica (W_{spc}) frente a ΔT_{geo}. La cantidad de trabajo extraído del fluido geotérmico y, por lo tanto, la cantidad de energía generada, fue sustancialmente mayor para la realización que los ciclos de energía convencionales, especialmente a medida que aumenta ΔT_{geo}.

De este modo, las realizaciones de la invención presentan un procedimiento y un sistema de generación de energía a partir de una fuente de calor, incluyendo una fuente de calor geotérmica, con una eficiencia mejorada en comparación con los ciclos de energía convencionales y sin requerir equipo adicional que se añadiría a la complejidad del sistema o al coste de la instalación. Alternativamente o adicionalmente, la invención presenta un procedimiento para extraer más calor económicamente a una temperatura inferior que para tecnologías

convencionales, ampliando de este modo el número de fuentes de calor potenciales que pueden ser explotadas comercialmente.

5 En otras realizaciones, la temperatura en la etapa de regeneración se controla directamente, en lugar de controlar la presión del fluido de trabajo. En una realización, se controla la temperatura o presión del fluido de trabajo que pasa entre la etapa de expansión y la etapa de condensación (o el fluido de trabajo entre la turbina y el condensador) para mantener unas condiciones isentálpicas.

10 Aunque la invención se ha descrito con referencia a ejemplos específicos, los expertos en la materia apreciarán que la invención puede realizarse de muchas otras formas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para generar energía a partir de una fuente de calor, incluyendo dicho procedimiento:

5 comprimir un fluido de trabajo para aumentar su temperatura;
intercambiar calor entre dicho fluido de trabajo y dicha fuente de calor para sobrecalentar dicho fluido
de trabajo;
expandir dicho fluido de trabajo sobrecalentado para accionar una turbina, reduciendo así su
temperatura;
10 condensar dicho fluido de trabajo para reducir más su temperatura; y
devolver dicho fluido de trabajo a dicha etapa de compresión,
incluyendo el procedimiento, además, la etapa de regenerar el calor de dicho fluido de trabajo, en el
que el fluido de trabajo que pasa entre dicha etapa de compresión y dicha etapa de intercambio de
calor intercambia calor con fluido de trabajo que pasa entre dicha etapa de expansión y dicha etapa de
15 condensación;
en el que dichas etapas se llevan a cabo en un ciclo termodinámico dentro de una región supercrítica
por encima de la cúpula de saturación de dicho fluido de trabajo, caracterizado por el hecho de que la
presión o temperatura en dicha etapa de regeneración de calor se controla para mantener unas
condiciones isentálpicas e inducir un intercambio de calor continuo.

20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la presión y la temperatura
en dicha etapa de regeneración de calor se controlan para mantener dichas condiciones isentálpicas.

25 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de que la etapa de regeneración de
calor incluye controlar la temperatura de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre la etapa de
compresión y la etapa de intercambio de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de expansión y la etapa
de condensación.

30 4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que la
temperatura en dicha etapa de regeneración de calor es tal que $\frac{\Delta h}{\Delta T} \neq 0$, donde Δh es la diferencia de entalpía M
entre el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de compresión y la etapa de intercambio de calor y el fluido de
trabajo que pasa entre la etapa de expansión y la etapa de condensación y ΔT es la diferencia de temperatura entre
los fluidos de trabajo.

35 5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que
incluye, además, la etapa de monitorizar la temperatura en dicha etapa de regeneración de calor.

40 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que la etapa de regeneración de
calor incluye controlar la presión de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre la etapa de compresión y
la etapa de intercambio de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de expansión y la etapa de
condensación, en respuesta a dicha etapa de monitorización de temperatura, controlando así la temperatura de
dicho por lo menos un fluido de trabajo.

45 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la etapa de regeneración de
calor incluye controlar la presión de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre la etapa de compresión y
la etapa de intercambio de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la etapa de expansión y la etapa de
condensación.

50 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 o la reivindicación 7, caracterizado por el hecho de que la etapa
de regeneración de calor incluye controlar la presión del fluido de trabajo que pasa entre la etapa de compresión y la
etapa de intercambio de calor.

55 9. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que
la presión de funcionamiento es mayor que el punto crítico del fluido de trabajo.

10 10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por el hecho de que la presión de
funcionamiento es menor de 30 MPa.

60 11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por el hecho de que la presión de
funcionamiento es menor de 15 MPa.

12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por el hecho de que la presión de funcionamiento es entre 8 y 12 MPa.
- 5 13. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que la temperatura de funcionamiento se encuentra entre 100 °C y 200 °C.
14. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el fluido de trabajo tiene una presión crítica entre 3,3 MPa y 7,5 MPa.
- 10 15. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el fluido de trabajo tiene una temperatura crítica entre 30 °C y 200 °C.
16. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el fluido de trabajo está compuesto por un solo componente.
- 15 17. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado por el hecho de que el fluido de trabajo se selecciona del grupo que consiste en dióxido de carbono, n-pentano (C₅H₁₂), HFC-245ca (CF₂H-CF₂-CFH₂), HFC-245fa (CF₃-CH₂-CF₂H), HFC-134a (CH₂F-CF₃), refrigerante 125 y pentafluoroetano (F₄CH₂F).
- 20 18. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por el hecho de que el fluido de trabajo es un fluido de trabajo de múltiples componentes.
19. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que la fuente de calor incluye una fuente de calor geotérmica o una fuente de calor residual.
- 25 20. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 19, caracterizado por el hecho de que la fuente de calor geotérmica incluye un depósito de caliente y seca o un depósito de agua caliente.
- 30 21. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 19, caracterizado por el hecho de que la fuente de calor residual incluye agua de refrigeración o vapor residual de una central convencional.
22. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 21, caracterizado por el hecho de que la central convencional incluye una central de carbón, turba, petróleo, gas u otra fuente de energía de combustibles fósiles.
- 35 23. Sistema para generar energía a partir de una fuente de calor, incluyendo dicho sistema:
- un compresor para comprimir un fluido de trabajo para aumentar su temperatura;
- un primer intercambiador de calor que puede conectarse de manera fluida a dicho compresor y dicha fuente de calor para intercambiar calor entre dicho fluido de trabajo y dicha fuente de calor para
- 40 sobrecalentar dicho fluido de trabajo;
- una turbina que puede conectarse de manera fluida a dicho primer intercambiador de calor para expandir dicho fluido de trabajo sobrecalentado, reduciendo de este modo su temperatura;
- un segundo intercambiador de calor para condensar dicho fluido de trabajo para reducir
- 45 adicionalmente su temperatura, pudiéndose conectar dicho segundo intercambiador de calor de manera fluida a dicha turbina y dicho compresor, y
- un regenerador de calor, pudiéndose interconectar dicho regenerador de calor de manera fluida entre dicho compresor y dicho primer intercambiador de calor para precalentar dicho fluido de trabajo antes de entrar en dicho primer intercambiador de calor, y pudiéndose interconectar de manera fluida entre
- 50 dicha turbina y dicho segundo intercambiador de calor para enfriar dicho fluido de trabajo después de salir de dicha turbina, en el que el fluido de trabajo que pasa entre dicho compresor y dicho primer intercambiador de calor intercambia calor con fluido de trabajo que pasa entre dicha turbina y dicho condensador,
- en el que dicho sistema funciona en un ciclo termodinámico dentro de una región supercrítica por encima de la cúpula de saturación de dicho fluido de trabajo, caracterizado por el hecho de que la
- 55 presión o temperatura en dicho regenerador se controla para mantener condiciones isentálpicas e inducir un intercambio de calor continuo.
24. Sistema de acuerdo con la reivindicación 23, caracterizado por el hecho de que el regenerador de calor incluye medios de controla de la temperatura en el interior de dicho regenerador de calor para mantener dichas condiciones isentálpicas.
- 60

25. Sistema de acuerdo con la reivindicación 24, caracterizado por el hecho de que los medios de control de la temperatura controlan la temperatura de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre el compresor y el primer intercambiador de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la turbina y el condensador.
- 5 26. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 25, caracterizado por el hecho de que la temperatura en dicho regenerador de calor es tal que $\frac{\Delta h}{\Delta T} \neq 0$, donde Δh es la diferencia de entalpía entre el fluido de trabajo que pasa entre el compresor y el primer intercambiador de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la turbina y el condensador y ΔT es la diferencia de temperatura entre los fluidos de trabajo.
- 10 27. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 26, caracterizado por el hecho de que incluye, además, medios de monitorización de la temperatura en el interior de dicho regenerador.
- 15 28. Sistema de acuerdo con la reivindicación 27, caracterizado por el hecho de que los medios de monitorización de la temperatura incluyen uno o más termopares situados en el interior del regenerador.
- 20 29. Sistema de acuerdo con la reivindicación 27 ó 28, caracterizado por el hecho de que el regenerador incluye medios de controla de la presión de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre el compresor y el primer intercambiador de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la turbina y el condensador en respuesta a dichos medios de monitorización de la temperatura, controlando de este modo la temperatura de dicho por lo menos un fluido de trabajo.
- 25 30. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 26, caracterizado por el hecho de que el regenerador de calor incluye medios de controlar de la presión interior de dicho regenerador de calor para mantener dichas condiciones isentálpicas.
- 30 31. Sistema de acuerdo con la reivindicación 30, caracterizado por el hecho de que los medios de control de la presión controlan la presión de por lo menos uno del fluido de trabajo que pasa entre el compresor y el primer intercambiador de calor y el fluido de trabajo que pasa entre la turbina y el condensador.
- 35 32. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 29 a 31, caracterizado por el hecho de que los medios de control de la presión controlan la presión del fluido de trabajo que pasa entre el compresor y el primer intercambiador de calor.
- 40 33. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 29 a 32, caracterizado por el hecho de que los medios de control de la presión controlan la presión curso arriba de dicho por lo menos un fluido de trabajo para inducir un cambio en la temperatura curso abajo.
- 45 34. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 29 a 33, caracterizado por el hecho de que los medios de control de la presión incluyen por lo menos una o más válvulas para controlar la presión de dicho por lo menos un fluido de trabajo.
- 50 35. Sistema de acuerdo con la reivindicación 34, caracterizado por el hecho de que las válvulas son válvulas de mariposa.
- 55 36. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 35, caracterizado por el hecho de que la presión de funcionamiento es mayor que el punto crítico del fluido de trabajo.
37. Sistema de acuerdo con la reivindicación 36, caracterizado por el hecho de que la presión de funcionamiento es menor de 30 MPa.
38. Sistema de acuerdo con la reivindicación 37, caracterizado por el hecho de que la presión de funcionamiento es menor de 15 MPa.
39. Sistema de acuerdo con la reivindicación 38, caracterizado por el hecho de que la presión de funcionamiento es entre 8 y 12 MPa.
40. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 39, caracterizado por el hecho de que la temperatura de funcionamiento se encuentra entre 100 °C y 200 °C.
- 60 41. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 40, caracterizado por el hecho de que el fluido de trabajo tiene una presión crítica entre 3,3 MPa y 7,5 MPa.

42. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 41, caracterizado por el hecho de que el fluido de trabajo tiene una temperatura crítica entre 30 °C y 200 °C.
- 5 43. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 42, caracterizado por el hecho de que el fluido de trabajo está compuesto de un solo componente.
- 10 44. Sistema de acuerdo con la reivindicación 43, en caracterizado por el hecho de que el fluido de trabajo se selecciona del grupo que consiste en dióxido de carbono, n-pentano (C₅H₁₂), HFC-245ca (CF₂H-CF₂-CFH₂), HFC - 245fa (CF₃-CH₂-CF₂H), HFC-134a (CH₂F-CF₃), refrigerante 125 y pentafluoroetano (F₄CH₂F).
- 15 45. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 42, caracterizado por el hecho de que el fluido de trabajo es un fluido de trabajo de múltiples componentes.
46. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 45, caracterizado por el hecho de que la fuente de calor incluye una fuente de calor geotérmica o una fuente de calor residual.
- 20 47. Sistema de acuerdo con la reivindicación 46, caracterizado por el hecho de que la fuente de calor geotérmica incluye un depósito de roca caliente y seca o un depósito de agua caliente.
48. Sistema de acuerdo con la reivindicación 46, caracterizado por el hecho de que la fuente de calor residual incluye agua de refrigeración o vapor residual de una central convencional
- 25 49. Sistema de acuerdo con la reivindicación 48, caracterizado por el hecho de que la central convencional incluye una central de carbón, turba, aceite, gas u otra fuente de energía de combustibles fósiles.

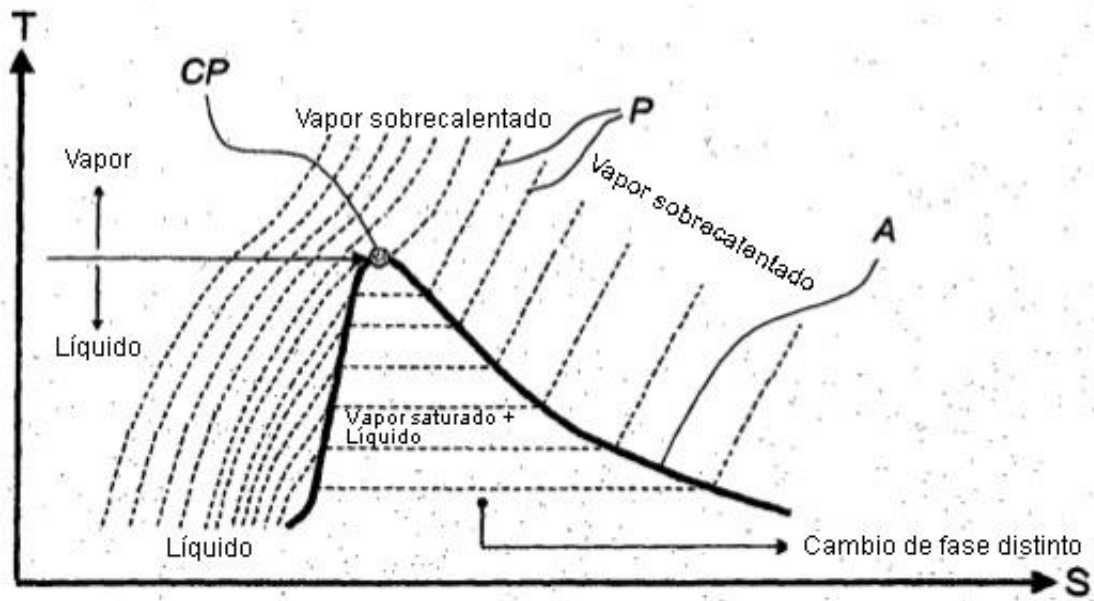


Fig. 1

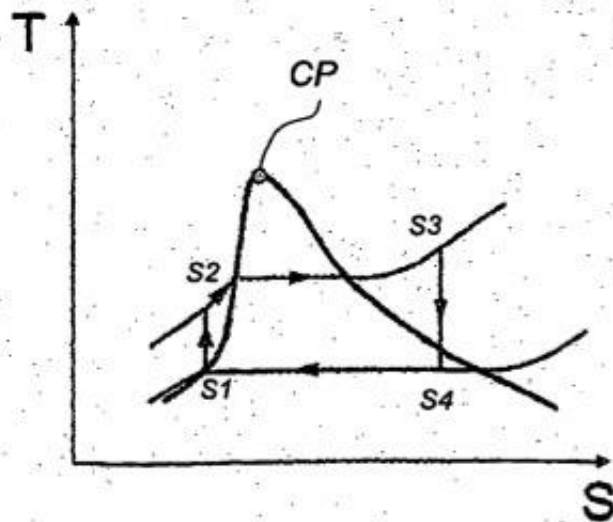


Fig. 2

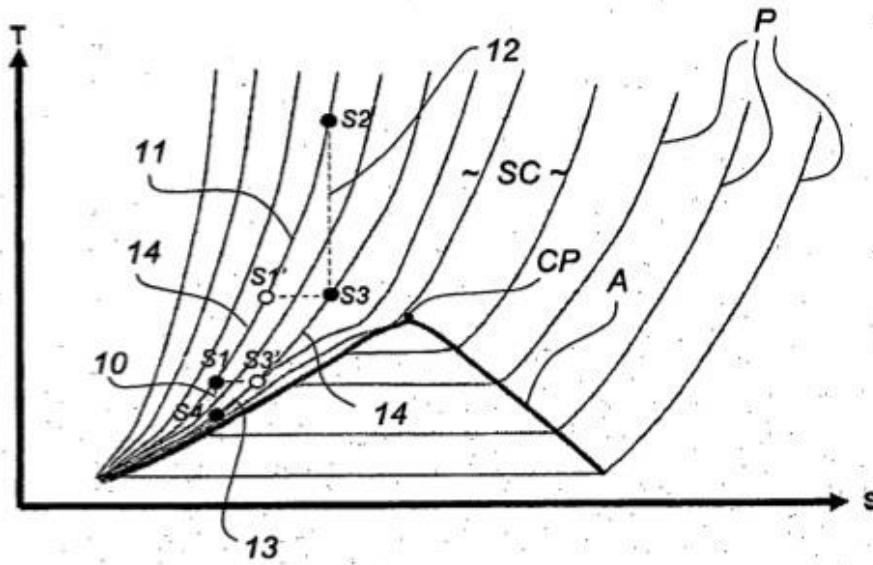


Fig. 3

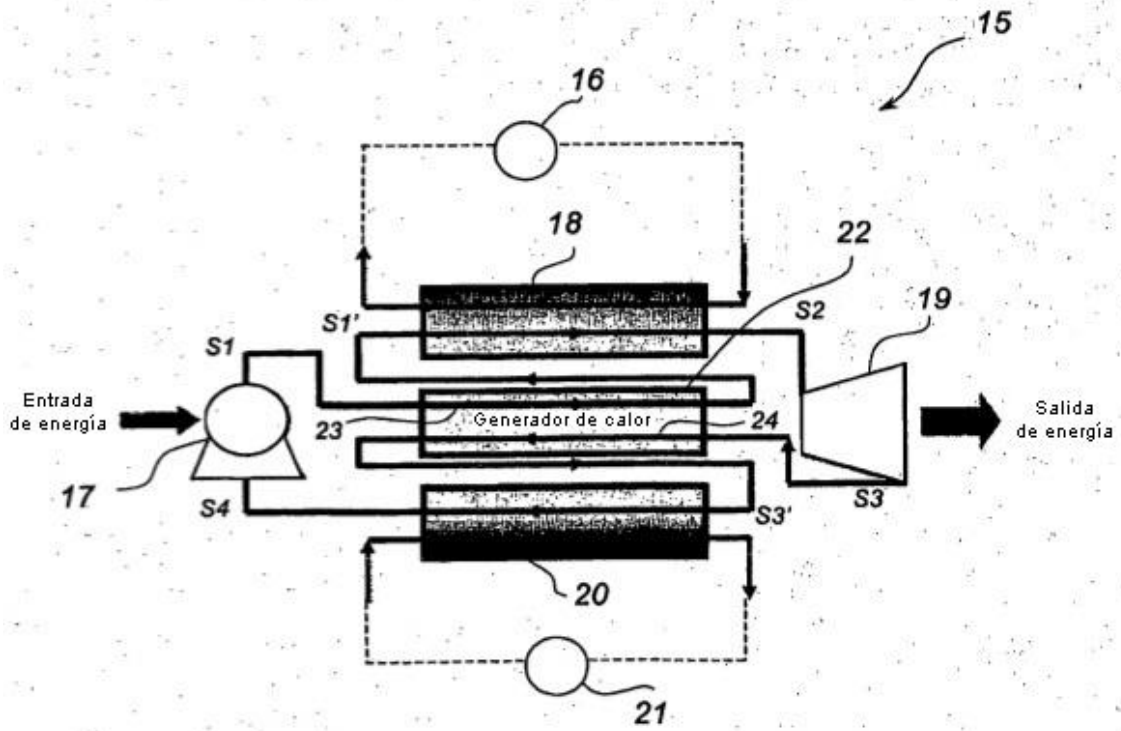


Fig. 4

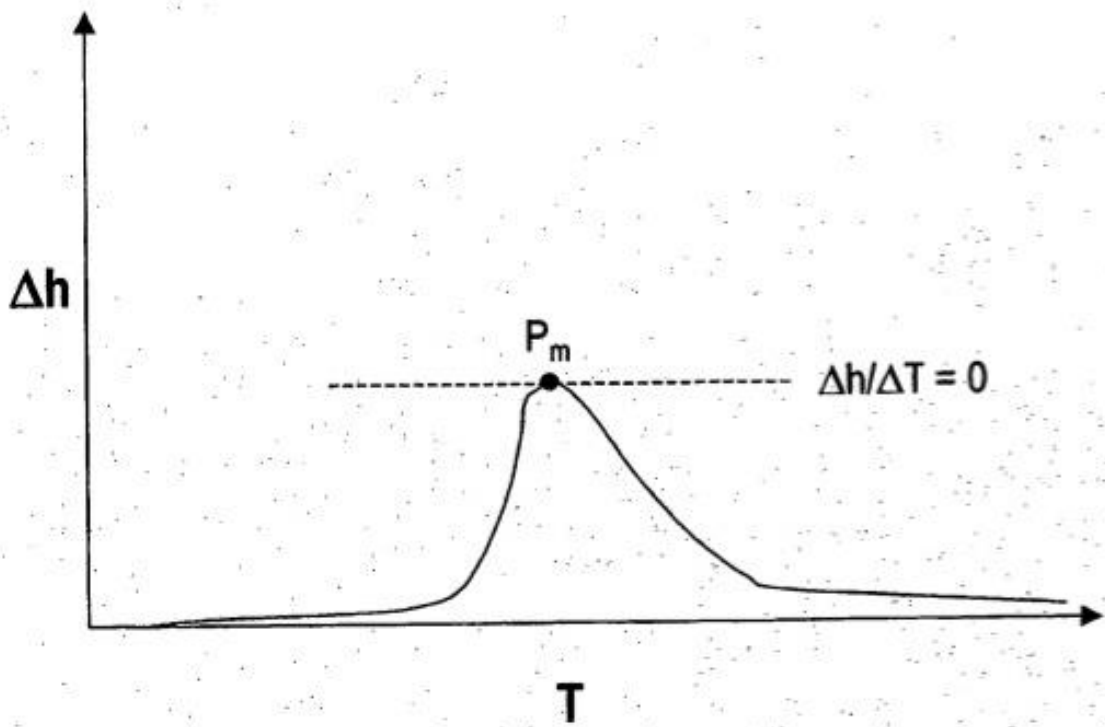


Fig. 5

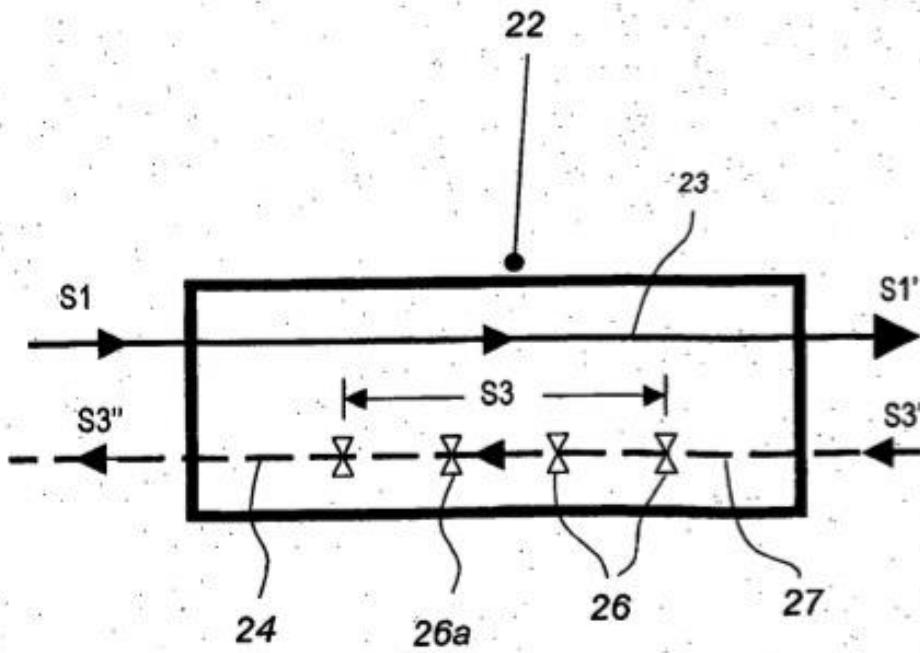


Fig. 6

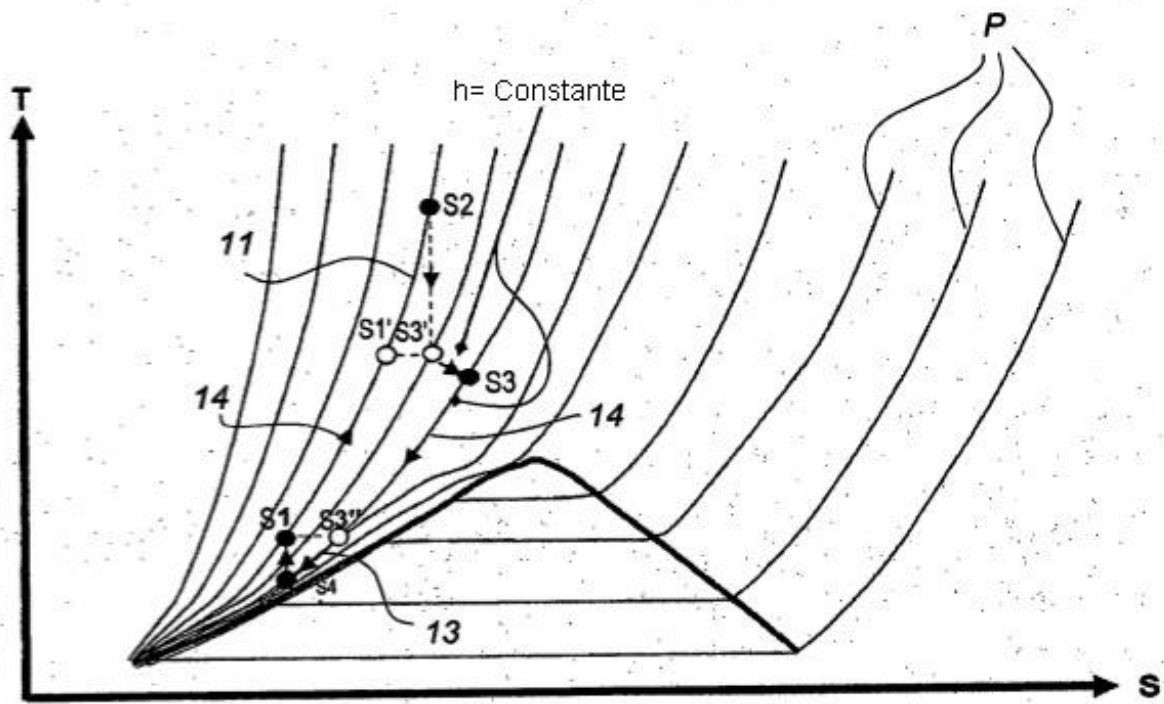


Fig. 7

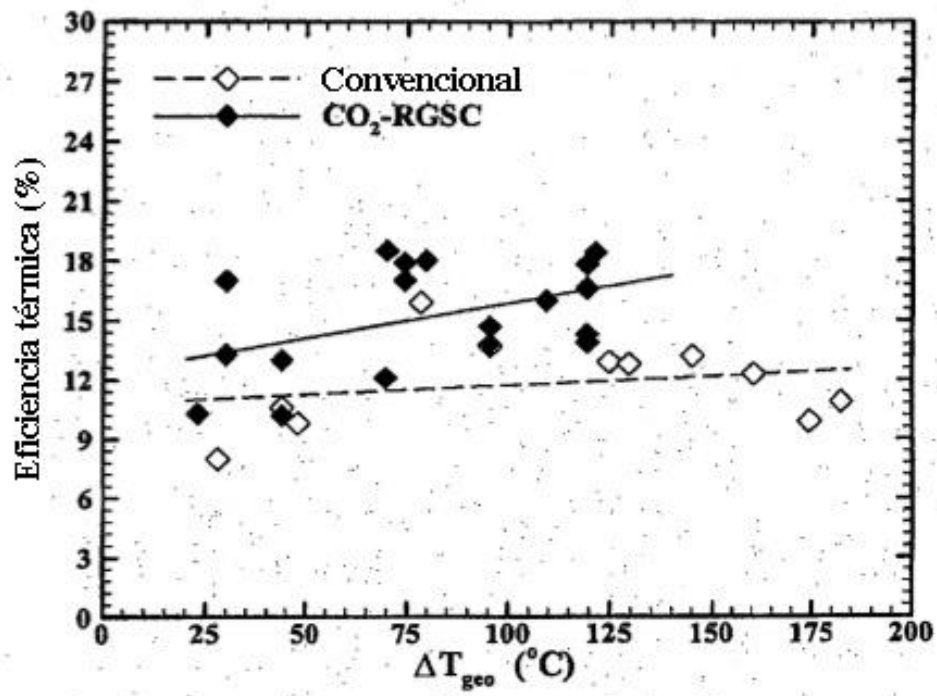


Fig. 8

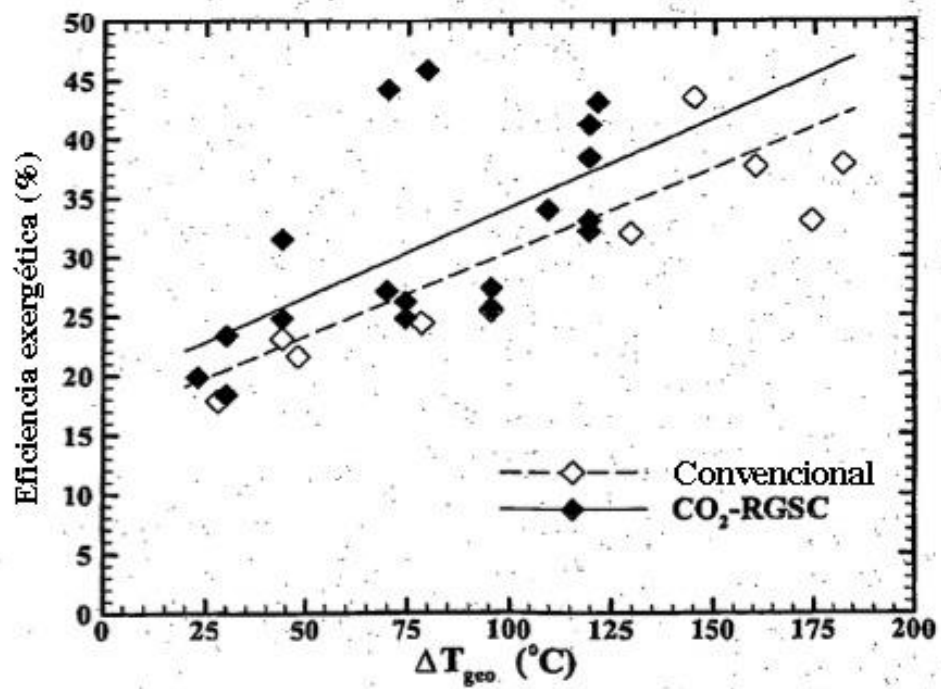


Fig. 9

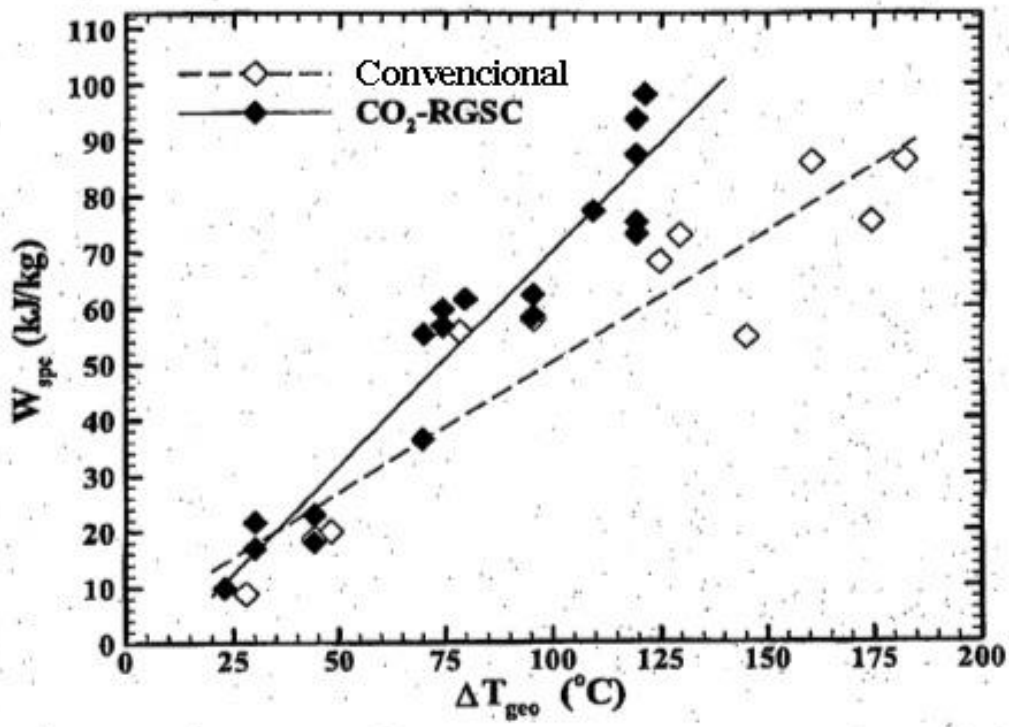


Fig. 10

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

Documentos de patentes citados en la descripción

10

- US 3237403 A [0009]