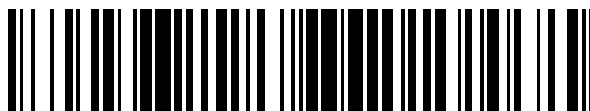


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: **2 775 999**

51) Int. Cl.:

F03G 6/04	(2006.01)
F01K 3/00	(2006.01)
F24S 60/00	(2008.01)
F24S 50/00	(2008.01)
F01K 3/12	(2006.01)
F01K 13/02	(2006.01)
F03G 6/06	(2006.01)
F03G 6/00	(2006.01)
F28D 20/00	(2006.01)
F22B 1/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2010 PCT/AU2010/000835**
- 87) Fecha y número de publicación internacional: **06.01.2011 WO11000045**
- 96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2010 E 10793433 (3)**
- 97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 2470837**

54) Título: **Ciclo de sólo vapor de fluido de transferencia de calor para el almacenamiento térmico de energía solar**

30) Prioridad:

30.06.2009 AU 2009903028

45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.07.2020

73) Titular/es:

**SUNRISE CSP PTY LIMITED (100.0%)
5 Hall Street
Lyneham ACT 2602, AU**

72) Inventor/es:

COVENTRY, JOSEPH SYDNEY

74) Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 775 999 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

Ciclo de sólo vapor de fluido de transferencia de calor para el almacenamiento térmico de energía solar

5 **Campo de la invención**

Esta invención se refiere a estaciones de energía solar y más particularmente a estaciones de energía solar que usan agua como el fluido de transferencia de calor en combinación con un medio de almacenamiento de calor sensible.

10

Antecedentes

Se han propuesto estaciones de energía solar que usan un medio de almacenamiento de calor sensible, normalmente una sal fundida, para almacenar energía solar capturada. El medio de almacenamiento de calor sensible puede usarse entonces para generación de vapor de agua para accionar sistemas de generador de turbinas de vapor de agua convencionales.

15

El documento CN101413719 A da a conocer una estación de energía solar según el preámbulo de la reivindicación 1.

20

Es ventajoso almacenar energía a mayores temperaturas porque minimiza la masa del medio de almacenamiento para un medio de almacenamiento de energía sensible, y permite recuperar energía desde el almacenamiento a mayor temperatura, lo que conduce a eficiencias de conversión mayores en el ciclo de generación de energía.

25

Se transfiere energía desde el colector solar hasta el medio de almacenamiento de energía sensible mediante un fluido de transferencia de calor. Se han propuesto aceites sintéticos como fluido de transferencia de calor pero estos sólo son estables normalmente a aproximadamente 400°C, limitando la temperatura máxima del medio de almacenamiento de calor sensible. Normalmente se usa aceite como medio de transferencia de calor para plantas de concentradores solares parabólicos, que incluyen plantas con almacenamiento térmico de sal fundida. Sin embargo, los concentradores solares parabólicos están limitados en la temperatura superior a la que pueden funcionar con eficiencia aceptable, ya que siguen el Sol en un único eje y, por tanto, tienen una razón de concentración solar menor que colectores solares de seguimiento de dos ejes, tales como discos. El uso de aceite para una planta de concentradores solares parabólicos restringe la temperatura superior a la que pueden funcionar de otro modo, por ejemplo, desde 450°C hasta alrededor de 400°C.

30

35

Las tecnologías de discos y torres solares tienen la capacidad de alcanzar temperaturas mucho mayores, superando los 600°C, lo que tiene las ventajas mencionadas anteriormente de minimizar la masa del medio de almacenamiento y facilitar eficiencias de conversión mayores en el ciclo de generación de energía. Desafortunadamente, no existe ningún fluido que permanezca en estado líquido tanto a tal alta temperatura como a temperatura ambiente (con la excepción de la aleación de sodio-potasio (NaK) que se considera demasiado peligrosa para una red de tuberías solares ya que es altamente reactiva con agua y puede explotar cuando entra en contacto con agua o aire).

40

Normalmente las tecnologías de torres solares, que tienen un receptor solar fijado, calientan directamente sal fundida en el punto focal que se ubica en la cercanía de los recipientes de almacenamiento. La reticulación de la sal, que actúa como el medio de almacenamiento de energía y como fluido de transferencia de calor, es relativamente simple, y el drenaje por gravedad garantiza que la sal se vacía de las canalizaciones durante la noche o periodos nublados largos y por tanto no se congela en las tuberías o receptor. Para tecnologías de discos solares, la solución de calentamiento directo es problemática ya que cada disco tiene su propio punto focal y los discos pueden distribuirse a lo largo de una zona muy grande. El vaciado de las tuberías puede no ser práctico o no factible. Las mezclas de sal usadas para el almacenamiento térmico son sólidas a temperaturas ambiente, por tanto, se requerirá que un campo solar distribuido, que usa sal tanto como el fluido de transferencia de calor como el medio de almacenamiento, se caliente en todo momento, día y noche. Cualquier defecto en el sistema de calentamiento dará como resultado la congelación de la sal en la red de tuberías.

45

50

Puede usarse agua como un fluido de transferencia de calor. Cuando se usa agua como el fluido de transferencia de calor a lo largo de un intervalo de alta temperatura existe normalmente un cambio de fase a presiones de trabajo prácticas. A medida que el agua se enfría y cambia de fase desde vapor de agua sobrecalentado hasta agua líquida existe un problema bien conocido de "punto de pinzamiento" con transferencia de energía desde vapor de agua hasta un único medio de almacenamiento de calor sensible. Este problema de "punto de pinzamiento" limita significativamente la temperatura superior del almacenamiento de calor incluso cuando está disponible vapor de agua de alta temperatura.

60

Para transferir calor desde el agua (o bien vapor o bien líquida) hasta el medio de almacenamiento, el agua debe estar a una mayor temperatura que el medio de almacenamiento en todos los puntos a lo largo del intercambiador de calor. Cuando se condensa vapor a líquido la temperatura permanece igual (a presión constante) entre el 100% de vapor y el 100% líquida. Esto produce un punto de pinzamiento en el punto del 100% de vapor que limita la

65

temperatura máxima que puede lograrse en el medio de almacenamiento. El problema de punto de pinzamiento se ilustra en un diagrama de temperatura-entalpía en figura 1, que muestra la entalpía del agua a 2 a 165 bar desde 300°C hasta 600°C y la entalpía de un medio 4 de almacenamiento de calor sensible calentado por el agua. A pesar de la alta temperatura de vapor de agua de entrada en este ejemplo, la temperatura máxima del medio de almacenamiento está limitada por el “pinzamiento” a aproximadamente 380°C.

Se ha propuesto separar el flujo de vapor de agua en tres secciones: líquido puro, líquido y vapor en 2 fases, y vapor puro. En este método, se necesitan tres medios de almacenamiento de calor independientes. Existe un almacenamiento de calor sensible para fases tanto líquida como de vapor, y un material de cambio de fase (tal como una sal apropiada) para la región de 2 fases. Aunque esto evita el problema de punto de pinzamiento, esto dará como resultado un sistema de almacenamiento de energía relativamente complejo.

Las plantas de energía solar que usan discos solares convierten luz solar en electricidad a casi el doble de eficiencia que otras tecnologías (torre o concentrador) parabólico debido a la combinación de la capacidad de alta temperatura y la alta eficiencia óptica. Sin embargo, la generación de energía con discos solares cuando se combina con almacenamiento de sal fundida es problemática cuando se usan fluidos de transferencia de calor de la manera convencional por las razones mencionadas anteriormente.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona una fuente de energía tal como una estación de energía solar que realiza el ciclo de fluido de transferencia de calor, preferiblemente agua, en estado de sólo vapor cuando se transfiere energía a un almacenamiento de calor sensible. El ciclo de agua completamente en el estado de vapor (sobrecalentado) evita el problema de punto de pinzamiento, y los problemas asociados con otros tipos de fluido de estabilidad a alta temperatura y fases sólidas a temperatura ambiente, tal como se describió anteriormente.

En la forma preferida de la invención se proporciona almacenamiento de calor sensible para almacenamiento de calor. El almacenamiento de calor sensible utiliza preferiblemente un único medio de almacenamiento de calor sensible, normalmente una mezcla de uno o más compuestos. Sin embargo, está dentro del alcance de la invención que se usen dos o más medios diferentes, cada uno de los cuales comprende una parte discreta independiente del almacenamiento de calor sensible y que puede intercambiar calor con el fluido de transferencia de calor a través de subsistemas de intercambio de calor independientes. Por ejemplo, pueden usarse medios de almacenamiento de calor sensibles de “alta” y “baja” temperatura para extender el intervalo de temperatura del fluido de transferencia de calor entre la entrada y la salida del sistema de intercambio de calor. Diferentes medios pueden ser diferentes compuestos, diferentes mezclas de compuestos o mezclas de diferentes compuestos. Tal como se usa en la descripción y las reivindicaciones el término “almacenamiento de calor sensible” ha de interpretarse de una manera no limitativa y puede incluir dos o más medios de almacenamiento de calor sensibles diferentes.

Cuando se transfiere calor desde los colectores solares de la estación de energía hasta el almacenamiento de calor sensible, el vapor sobrecalentado a alta temperatura entra en el sistema de intercambiador de calor y sale vapor a menor temperatura que está por encima, es igual a o está por debajo pero cerca de la curva de saturación del mecanismo de intercambiador de calor para volver a los colectores solares.

La invención proporciona una estación de energía solar según la reivindicación 1.

Preferiblemente la estación de energía incluye medios para limitar, impedir o detener el intercambio de calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento de calor sensible cuando la temperatura y la presión del fluido de transferencia de calor en una primera ubicación está por debajo de un primer conjunto de umbrales.

La primera ubicación está preferiblemente aguas abajo del al menos un colector solar. La transferencia de calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento de calor sensible puede limitarse, impedirse o detenerse deteniendo el flujo de uno o tanto del fluido de transferencia de calor como del/de los medio(s) de almacenamiento de calor sensible(s) (cuando es un fluido) a través de un sistema de intercambiador de calor.

Cuando uno o más medios de almacenamiento de calor sensibles de fluido se bombean a través de un sistema de intercambiador de calor esto puede conseguirse deteniendo el bombeo del/de los medio(s) de almacenamiento de calor sensible(s) de fluido. El fluido de transferencia de calor puede continuar su paso a través del intercambiador de calor o puede hacer que se desvíe del intercambiador de calor. Preferiblemente el fluido de transferencia de calor se sobrecalienta todavía inmediatamente después del intercambio de calor con el almacenamiento de calor sensible. Sin embargo, el fluido de transferencia de calor puede enfriarse a la curva de saturación o justo por debajo pero cerca de la curva de saturación. Cuando se está produciendo la transferencia de calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento de calor sensible, preferiblemente fluido de transferencia de calor permanece sustancialmente en estado de vapor a través del ciclo.

Lo más preferiblemente, el fluido de transferencia de calor permanece sobrecalentado entre el abandono del intercambiador de calor y la vuelta al al menos un colector solar. Uno o más compresores hacen circular

preferiblemente el vapor cuando se está en el primer modo de funcionamiento.

La estación de energía solar preferiblemente tiene medios de calentador que calientan selectivamente el fluido de transferencia de calor cuando el fluido de transferencia de calor está por debajo del primer conjunto de umbrales. Los medios de calentador pueden ser uno o más colectores solares que calientan el fluido de transferencia de calor por encima del primer conjunto de umbrales. Durante la fase de calentamiento, no se produce preferiblemente la transferencia de calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento de calor sensible.

Preferiblemente los medios para impedir el intercambio de calor incluyen hacer circular medios para devolver el fluido de transferencia de calor hasta la entrada de al menos un colector solar cuando el fluido de transferencia de calor está por debajo del primer conjunto de umbrales.

Preferiblemente la estación de energía incluye un subsistema de bomba que puede funcionar para bombear vapor o fluido de transferencia de calor líquido a través del al menos un colector solar.

Preferiblemente el subsistema de bomba incluye un dispositivo para separar una mezcla de las fases de líquido y vapor, denominado comúnmente como un separador de vapor de agua cuando se usa con agua. Tal como se usa en esta memoria descriptiva el término "separador de vapor de agua" no se toma como que requiere el uso de agua como el fluido de transferencia de calor.

Preferiblemente el subsistema de bomba puede funcionar para bombear fluido de transferencia de calor en forma de vapor a través de al menos un colector solar cuando las condiciones de temperatura y presión están por encima de un segundo conjunto de umbrales y para bombear fluido de transferencia de calor líquido cuando las condiciones de temperatura y presión están por debajo del segundo conjunto de umbrales.

En la forma preferida de la invención se usa agua como un fluido de transferencia de calor y el subsistema de bomba incluye un separador de vapor de agua, un compresor de vapor y una bomba de líquido. Por encima del primer conjunto de umbrales se hace circular vapor de agua sobrecalentado desde colectores solares hasta un medio de almacenamiento de calor sensible mediante el compresor. Entre el primer y un segundo conjuntos de umbrales se calienta el fluido de transferencia de calor, preferiblemente mediante el compresor haciendo circular vapor a través de al menos un colector solar y de vuelta al separador de vapor de agua pero no se produce la transferencia de calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento de calor sensible. En la forma preferida esto se consigue simplemente deteniendo el bombeo del medio de almacenamiento de calor sensible a través del sistema de intercambiador de calor y el fluido de transferencia de calor pasa desde el al menos un colector solar, a través del sistema de intercambiador de calor y de vuelta entonces hasta el/los colector(es) solar(s), preferiblemente a través del separador de vapor de agua. El sistema puede hacer que el fluido de transferencia de calor se desvíe del sistema de intercambiador de calor.

El fluido de transferencia de calor se calienta por debajo del segundo conjunto de umbrales, preferiblemente mediante la bomba de líquido bombeando agua líquida a al menos un colector solar y de vuelta al separador de vapor de agua pero no se produce la transferencia de calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento de calor sensible. En la forma preferida esto se consigue simplemente deteniendo el bombeo del almacenamiento de calor sensible a través del intercambiador de calor y el fluido de transferencia de calor pasa desde el al menos un colector solar, a través del sistema de intercambiador de calor y después hasta el separador de vapor de agua. El sistema puede hacer que el fluido de transferencia de calor se desvíe del sistema de intercambiador de calor. Para impedir el flujo de dos fases a través de los colectores preferiblemente sólo se usa uno del compresor y la bomba en un momento cualquiera y preferiblemente no se usan ambos simultáneamente.

El sistema puede estar configurado para desviarse del separador de vapor de agua durante el funcionamiento normal.

En sistemas que hacen que el fluido de transferencia de calor se desvíe del sistema de intercambiador de calor el separador de vapor de agua preferiblemente tiene una primera entrada que recibe fluido de transferencia de calor desviado y una segunda entrada que recibe fluido de transferencia de calor que se ha enfriado mediante transferencia de calor hasta el almacenamiento de calor sensible. En sistemas sin modo de desvío una única entrada es suficiente.

El al menos un colector solar puede comprender un subconjunto de una pluralidad de colectores solares.

Cuando el fluido de transferencia de calor está por debajo de cualquiera o tanto del primer como del segundo conjunto de umbrales no tiene que hacerse circular a través de todos los colectores solares.

La invención también proporciona un método de funcionamiento de una estación de energía solar según la reivindicación 8.

Preferiblemente la primera ubicación está aguas abajo del al menos un colector solar, es decir, después del

calentamiento.

Preferiblemente el primer conjunto de umbrales se selecciona de manera que el fluido de transferencia de calor es vapor tanto antes como después de la transferencia de calor al almacenamiento de calor sensible.

5 La etapa (a) puede incluir proporcionar o abrir una trayectoria de flujo entre la salida del colector solar y un sistema de intercambiador de calor.

10 Preferiblemente la etapa (b) incluye calentar el fluido de transferencia de calor haciendo pasar el fluido de transferencia de calor a través de al menos un colector solar.

15 Cuando se usa medio de almacenamiento de calor sensible de fluido que se bombea a través del sistema de intercambiador de calor la etapa (b) puede incluir detener el bombeo del medio de almacenamiento de calor sensible de fluido a través del sistema de intercambiador de calor. El fluido de transferencia de calor puede continuar su paso a través del sistema de intercambiador de calor.

20 La etapa (b) puede incluir la retirada o cierre de una trayectoria de flujo entre el colector solar y un sistema de intercambiador de calor. La etapa (b) también puede incluir proporcionar o abrir una trayectoria de flujo entre la salida del colector solar y un subsistema de bombeo que bombea fluido de transferencia de calor al al menos un colector solar para desviarse del sistema de intercambiador de calor.

El método también incluye determinar la temperatura y la presión de fluido de transferencia de calor en una segunda ubicación cuando está por debajo del primer umbral y:

25 (c) si la temperatura y la presión de fluido de transferencia de calor está por encima de un segundo conjunto de umbrales, hacer que el fluido de transferencia de calor sustancialmente sólo en forma de vapor se suministre al al menos un colector solar, y

30 (d) si la temperatura y la presión de fluido de transferencia de calor está por debajo del segundo conjunto de umbrales pero por encima de un tercer conjunto de umbrales, hacer que el fluido de transferencia de calor en forma líquida se suministre al al menos un colector solar.

35 Preferiblemente, se suministra el fluido de transferencia de calor o bien sustancialmente sólo en forma de vapor o bien sustancialmente sólo en forma líquida al al menos un colector solar. Por tanto, preferiblemente la etapa (d) da como resultado el suministro de sustancialmente sólo fluido de transferencia de calor líquido.

Las ubicaciones primera y segunda pueden ser las mismas o diferentes.

40 El método también incluye no suministrar el fluido de transferencia de calor al al menos un colector solar si la temperatura y la presión de fluido de transferencia de calor está por debajo del tercer umbral.

Pueden usarse otros parámetros para determinar el modo de funcionamiento, tal como hora del día e intensidad de radiación solar en una o más ubicaciones.

45 El método preferiblemente incluye proporcionar un separador de vapor de agua y la etapa (c) incluye extraer vapor del separador de vapor de agua y la etapa (d) incluye extraer líquido del separador de vapor de agua.

50 La cantidad de fluido de transferencia de calor que se está haciendo circular se ajusta preferiblemente para mantener el fluido de transferencia de calor por encima de determinados umbrales, dependiendo de la cantidad de energía de entrada (es decir, radiación solar) disponible.

55 A menos que el contexto requiera claramente lo contrario, a lo largo de la descripción y las reivindicaciones las palabras “comprende”, “que comprende”, y similares han de interpretarse en un sentido inclusivo en oposición a un sentido exclusivo o exhaustivo; es decir, en el sentido de “que incluye, pero no está limitado a”.

Breve descripción de los dibujos

60 La figura 1 es un diagrama de temperatura-entalpía de agua y un medio de almacenamiento de calor sensible cuando se enfría vapor de agua sobrecalentado para dar agua líquida.

La figura 2 es un diagrama de temperatura-entalpía de fluido de transferencia de calor y medio de almacenamiento de calor sensible de la estación de energía solar según un ejemplo de la invención.

65 La figura 3 es un esquema de una estación de energía solar según un primer ejemplo de la invención.

La figura 4 es un esquema de una estación de energía solar según un segundo ejemplo de la invención.

Descripción detallada de realizaciones preferidas y otras realizaciones

5 Haciendo referencia a las figuras 2 y 3 se muestra una estación 10 de energía solar según un primer ejemplo de la invención. El sistema 10 solar tiene uno o más colectores solares, matrices de colectores solares o campo(s) de colectores solares, representados esquemáticamente mediante el colector 12 solar. Aunque el colector 12 solar mostrado es un colector de tipo disco parabólico la invención no se limita a tales colectores. El sistema de colección puede utilizar colectores de tipo concentrador parabólico, ser un campo de colectores de tipo torre en el que múltiples espejos enfocan la luz solar en un punto de colección común o cualquier otro sistema de colección adecuado. La naturaleza exacta del sistema de colector solar no es crítica para la invención.

15 La estación de energía solar utiliza agua (H₂O) como un fluido de transferencia de calor para transferir calor recolectado a partir de luz solar mediante los colectores 12 hasta un almacenamiento de calor sensible, generalmente indicado mediante el número 13. El almacenamiento 13 de calor sensible utiliza un medio 14 de almacenamiento de calor sensible. El medio 14 de almacenamiento de calor almacena calor y se usa para suministrar calor a demanda.

20 En la forma preferida de la invención el almacenamiento 13 de calor sensible tiene al menos un par de tanques 16, 18 para el almacenamiento del medio 14 de almacenamiento de calor sensible, que es preferiblemente un fluido, preferiblemente un líquido, en el intervalo de temperaturas de funcionamiento. Los tanques 16, 18 son tanques "caliente" y "frío", pero esto es relativo. Puede usarse un único tanque con una termoclina. Pueden usarse materiales sólidos como un medio de almacenamiento de calor pero no se prefieren. El sistema sólo usa un tipo de medio de almacenamiento de calor y no hay necesidad de dos o más tipos diferentes (tal como medio de almacenamiento de calor latente así como medio de almacenamiento de calor sensible), pero no se excluye el uso de diferentes tipos de medios de almacenamiento de calor sensible.

30 En la realización preferida el calor almacenado en el almacenamiento 13 de calor se usa para generar vapor de agua para un sistema de generador eléctrico. Por consiguiente, el sistema 10 incluye uno o más bloques 6 de energía convencionales, cada uno de los cuales incluye al menos un conjunto de generador de turbina de vapor de agua. Se genera vapor de agua para los bloques 6 de energía intercambiando calor con el medio 14 de almacenamiento de calor sensible. Se bombea líquido caliente desde el tanque 16 "caliente" hasta el tanque 18 "frío" a través de un sistema 8 de intercambio de calor, en el que se calienta agua hasta dar vapor de agua. El sistema 8 de intercambio de calor puede incluir uno o más intercambiadores de calor independientes.

35 El sistema no está limitado a generación eléctrica y puede usarse para otras aplicaciones que requieren una fuente de calor.

40 Se prefieren mezclas de sales para almacenamiento de energía sensible en combinación ya que son un líquido dentro del intervalo de temperaturas de trabajo por encima de la temperatura ambiente, lo que permite tanto una buena transferencia de calor al agua como la generación de vapor de agua a temperaturas y presiones adecuadas para conseguir altas eficiencias de conversión de energía térmica a energía eléctrica. Además, las mezclas de sales son densas, tienen baja reactividad química, tienen baja presión de vapor y relativamente bajo coste.

45 La mezcla de sal más común usada para almacenamiento de energía es una mezcla de sal de nitrato al 60% en peso de nitrato de sodio y al 40% en peso de nitrato de potasio. Esta sal puede usarse en un intervalo de temperatura de aproximadamente 260°C a 620°C. También son factibles otras sales para almacenamiento de energía, tal como las sales de nitrito y sales de carbonato, y tienen diferentes límites superior e inferior de temperatura de funcionamiento.

50 Durante el funcionamiento normal, con condiciones que proporcionan una salida por encima del umbral desde los colectores 12, agua en forma de vapor de agua sobrecalentado abandona los colectores 12 y entra en el sistema 20 de intercambio de calor por 22. El sistema 20 de intercambio de calor puede incluir uno o más intercambiadores de calor independientes. Se transfiere calor al medio 14 de almacenamiento de calor bombeado a través del sistema 20 de intercambio de calor desde el tanque 18 frío hasta el tanque 16 caliente mediante la bomba 60. El agua permanece preferiblemente como vapor "seco" a través del sistema 20 de intercambio de calor y sale por 24 a una temperatura por encima de la temperatura de saturación para la presión en el sistema. Por ejemplo, a una presión absoluta de 165 bar la temperatura de saturación es de aproximadamente 350°C. Usando sólo el estado de vapor, puede enfriarse vapor de agua sobrecalentado, que entra en el intercambiador de calor a aproximadamente 600°C, hasta aproximadamente 370°C (proporcionando algo de holgura para variabilidad) mientras se calienta el medio de almacenamiento de calor sensible desde aproximadamente 290°C hasta aproximadamente 590°C, dada una diferencia de temperatura entre los tanques frío y caliente de aproximadamente 300°C.

65 En contraste, haciendo referencia a la figura 1, usar agua a 165 bar que se calienta a 600°C y después se condensa para dar agua líquida sólo permite que se caliente un único almacenamiento de calor sensible a aproximadamente 380°C. En un sistema de este tipo la menor temperatura del medio de almacenamiento de calor es de aproximadamente 290°C, dada una diferencia de temperatura entre tanques caliente y frío de menos de 100°C.

Aunque es posible un sistema que mantiene el fluido de transferencia de calor en un estado sobrecalentado en una condición de estado estacionario o cerca de un estado estacionario, la energía solar es una fuente de energía intermitente y también debe diseñarse un sistema diseñado para usar vapor de agua sobrecalentado para lidiar con condiciones en las que no es posible la generación de vapor sobrecalentado. Por ejemplo, al comienzo del día, el sistema puede estar a temperatura ambiente. De manera similar, condiciones solares transitorias debido a nubes significarán que no siempre se cumplirán condiciones de "diseño" para el vapor de agua sobrecalentado.

En un sistema que tiene un compresor simple para bombear vapor de agua sobrecalentado, si el agua no puede mantenerse por encima de la temperatura de saturación el vapor comienza a condensarse. Esto a su vez reduce la presión. Alimentar vapor de agua húmedo a un compresor puede provocar daño. Además, a bajas temperaturas cuando sustancialmente todo el agua en el sistema está líquida la presión de vapor es muy baja.

Además, en un estado "caliente" intermedio, cuando el sistema está a la temperatura de saturación del agua, pueden producirse dos condiciones de fase dentro de las canalizaciones. Dos condiciones de fase no son deseables en el compresor ni deseables en la reticulación de fluido de transferencia de calor a los colectores. Es mejor tener o bien flujo de vapor o bien flujo de líquido en una tubería pero no tanto vapor como líquido.

La presente invención proporciona un modo de "calentamiento", preferiblemente un modo de calentamiento de dos etapas, que se activa cuando no son posibles temperaturas (y presiones) de condición de diseño. En el modo de "calentamiento" el calor recolectado por los colectores solares no se transfiere al medio de almacenamiento de calor sensible sino que se usa para mantener y preferiblemente aumentar la entalpía del fluido de transferencia de calor. Esto se consigue proporcionando un subsistema 30 de bombeo que bombea preferiblemente o bien agua o bien vapor tal como las condiciones requieren a través de los colectores solares pero sin transferir el calor recolectado al medio de almacenamiento de calor sensible.

En el ejemplo de figura 3, esto se consigue simplemente apagando la bomba 60, de manera que fluido de transferencia de calor que está pasando a través del sistema 20 de intercambio de calor no pueda transferir ninguna cantidad significativa de calor al medio de almacenamiento de calor sensible. Se apreciará que cualquier medio de almacenamiento de calor sensible que permanece en el sistema 20 de intercambio de calor puede calentarse pero esto es insignificante. Naturalmente, con un sistema 20 de intercambio de calor por drenaje no habrá medio de almacenamiento de calor sensible que permanezca en el sistema 20 de intercambio de calor. El fluido de transferencia de calor pasa a través del sistema 20 de intercambio de calor y entra en el subsistema 30 de bombeo a través de una entrada 32.

El subsistema 30 de bombeo incluye un separador 50 de vapor de agua, un compresor 52 y una bomba 54 de líquido. En un separador de vapor de agua se separa vapor de agua húmedo en fases de líquido y vapor. El separador 50 de vapor de agua incluye un espacio 56 para agua líquida y un espacio 57 para vapor.

Durante el funcionamiento normal, fluido de transferencia de calor desde el intercambiador 20 de calor entra en el separador de vapor de agua a través de la entrada 32. Si el vapor de agua es húmedo, cualquier líquido se separa y recolecta en el espacio 56 y sustancialmente se hace pasar sólo vapor al compresor 52 a través de la salida 58 de vapor. El separador 50 de vapor de agua puede desviarse a través de una línea (no mostrada) si el vapor de agua está todavía sobrecalentado en este punto. En la práctica, durante el funcionamiento normal, el vapor de agua que entra en el separador 50 de vapor de agua estará todavía sobrecalentado. El sistema incluye un tanque 62 de condensado que se usa para modular la cantidad de fluido que circula, tal como se explica a continuación. Esto permite que el fluido de transferencia de calor pase a través del separador de vapor de agua por encima de la temperatura de saturación en un intervalo de diferentes niveles (solares) de entrada de energía.

Asúmase que la intensidad solar se reduce un poco debido a la posición del Sol o nubosidades ligeras. La temperatura del vapor de agua que abandona todos o algunos de los colectores 12 caerá. Esto puede compensarse variando el flujo de masa a través de los colectores solares. De manera similar, la cantidad de vapor de agua que se enfría a medida que pasa a través del sistema 20 de intercambio de calor puede variarse variando el flujo de masa del medio de almacenamiento de calor a través del sistema 20 de intercambio de calor.

Sin embargo, a un determinado umbral, la combinación de temperatura y presión del vapor de agua que abandona los colectores solares puede dar como resultado la condensación de agua en el intercambiador 20 de calor. Se encuentra dentro del alcance de la invención que el fluido de transferencia de calor esté en o justo por debajo de la curva de saturación (es decir, parcialmente condensado) a medida que abandona el sistema 20 de intercambio de calor. Esto es porque en el funcionamiento normal, la temperatura del medio de almacenamiento de calor sensible frío que entra en el sistema de intercambiador de calor está suficientemente por debajo de las temperaturas de la curva de saturación de manera que todavía puede producirse la transferencia de calor sin que se produzca el problema de punto de pinzamiento. Sin embargo, el sistema cambia a un primer modo de calentamiento cuando la combinación de temperatura y presión cae por debajo de un primer umbral. En este primer modo de calentamiento la bomba 60 se apaga y pasa vapor de agua a la entrada 34 de separador de vapor de agua sustancialmente sin enfriar. Con menores temperaturas y presiones algo de vapor puede condensarse para alcanzar el equilibrio.

Cualquier líquido en el vapor de agua se separa y se acumula en el depósito 56. El compresor 52 continúa funcionando y la bomba 54 de líquido está inactiva. El vapor continúa circulando a través de los colectores 12 solares.

5 Asúmase que ha pasado una nube sobre sólo una parte del campo de colectores. Los colectores todavía recolectarán algo de energía y la temperatura y la presión de vapor permanecerán suficientemente altas para permitir la circulación de vapor continuada. Una vez que la nube ha pasado, la energía recolectada aumenta. La temperatura del vapor de agua que abandona los colectores 12 aumenta. A medida que la energía en el sistema aumenta, más líquido en el depósito se convertirá en vapor.

10 El vapor de agua continúa pasando a través del sistema 20 de intercambiador de calor sin enfriar hasta que la temperatura y la presión del vapor de agua que abandona los colectores 12 solares alcanza un umbral, punto en el que la bomba 60 se reinicia y vuelve a comenzar el funcionamiento "normal".

15 Si la temperatura y la presión del vapor de agua que abandona los colectores 12 solares están por debajo de un segundo umbral el sistema funciona en un segundo modo de calentamiento. Este modo se da normalmente al comienzo del día cuando hay algo de energía solar para recolectar pero no suficiente para permitir el calentamiento del medio de almacenamiento de calor sensible o para suministrar vapor a los colectores solares. Sin embargo, este modo puede producirse durante el día si pasa una nubosidad espesa sobre el campo y la temperatura cae por debajo del segundo umbral. En este segundo modo de calentamiento la bomba 60 está apagada por lo que no hay transferencia de calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el medio de almacenamiento de calor sensible. El compresor 50 se apaga preferiblemente y la bomba 54 de líquido funciona para bombear agua líquida desde el separador de vapor de agua a través de la salida 61 hasta los colectores 12 solares. Puede haber circunstancias en las que tanto el compresor 50 como la bomba 54 funcionen (durante un corto periodo de tiempo) durante la conmutación entre los dos modos.

25 El tanque 62 de condensado se usa para modular la cantidad de fluido de transferencia de calor que circula para mantener el sistema dentro de parámetros de funcionamiento y para permitir el funcionamiento inicial.

30 A medida que varía la entrada de energía puede ajustarse la cantidad de fluido que circula añadiendo o retirando fluido del separador 50 de vapor de agua.

35 En el arranque se requiere que una mayor masa de fluido llene el volumen de las tuberías hasta uno o más platos para permitir el bombeo del fluido. Puede bombearse líquido adicional desde el tanque de condensado.

A medida que se añade energía más del fluido de transferencia de calor se evapora y de manera que la presión en el sistema aumenta. Una vez que la presión en el sistema alcanza un umbral, se extrae vapor de agua desde el separador 50 de vapor de agua hasta el tanque 62 de condensado, en el que se condensa, de manera que se reduce la masa que circula. Esto continúa hasta que todo el fluido de transferencia de calor es vapor. La retirada de fluido de transferencia de calor puede producirse después de que todo el fluido sea vapor a medida que la energía en el sistema aumenta hasta limitar las condiciones de funcionamiento, tales como la presión de funcionamiento. Válvulas adecuadas (no mostradas) permiten que el tanque 62 de condensado se aisle del separador de vapor de agua.

45 El subsistema 30 de bomba se apaga totalmente cuando no se obtiene ningún beneficio manteniéndolo encendido, tal como durante la noche o a bajas intensidades de radiación solar. Debido a requisitos de energía para bombear, a bajas intensidades de radiación solar puede haber una pérdida de energía neta. El sistema puede medir la intensidad de radiación solar y otros parámetros y usarlos para determinar si se bombea o no.

50 Se bombea agua líquida hacia los colectores 12 y se calienta mediante los colectores. El agua vuelve al separador de vapor de agua y calienta el agua líquida en el depósito 56. A medida que la temperatura del líquido aumenta, la presión de vapor también aumenta. El agua líquida continúa circulando. Al comienzo del día cuando sale el sol, la intensidad de energía solar aumenta. La temperatura y la presión del sistema aumentan hasta que la presión de vapor en el separador está por encima de un umbral. En ese umbral el sistema cambia al primer modo de calentamiento, el compresor 52 arranca y la bomba 54 para. La bomba 60 permanece apagada. Entonces, se hace circular vapor hasta que se alcanza la temperatura de "diseño" para permitir el funcionamiento normal tal como se describió anteriormente en el que vuelve a comenzar la transferencia de calor desde vapor de agua sobrecalentado hasta el medio de almacenamiento de energía calorífica sensible al encender la bomba 60.

60 Por tanto, el sistema tiene la simplicidad relativa de usar un único compuesto de almacenamiento de calor sensible a la vez que proporciona la alta temperatura de almacenamiento proporcionada usando múltiples compuestos de almacenamiento de calor.

65 Aunque el sistema puede hacer pasar fluido de transferencia de calor a través de todos los colectores 12 solares de una matriz cuando está en los modos de calentamiento, esto no es esencial. Puede preferirse que el sistema sólo haga pasar fluido de transferencia de calor a través de un número pequeño de los colectores cuando está en

cualquiera de los modos de calentamiento.

5 La figura 4 muestra esquemáticamente un segundo ejemplo de la invención. Partes similares utilizan los mismos números que para el primer ejemplo. Este ejemplo funciona con los tres modos diferentes como el primer ejemplo pero durante los modos de calentamiento se desvía del sistema de intercambio de calor para impedir la transferencia de calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento de calor sensible.

10 El subsistema 30 de bombeo tiene dos entradas 32 y 34 y una única salida 36. La entrada 32 está conectada a la salida del intercambiador 20 de calor mientras que la entrada 34 está conectada a través de una válvula 38 de tres vías (u otra combinación adecuada de válvulas) a la salida del colector solar/tubería 40 de entrada del intercambiador de calor. La salida 36 alimenta la tubería 42 de entrada de los colectores solares.

15 En el modo normal la válvula 38 permite que pase vapor de agua sobrecalentado desde los colectores solares hasta el sistema 20 de intercambiador de calor y se cierra la entrada 34 al subsistema 30 de bombeo.

20 En los modos de calentamiento la válvula desvía fluido de transferencia de calor que sale del colector 12 solar a la entrada 34 del subsistema 30 de bombeo y por tanto no fluye fluido de transferencia de calor a través del sistema 20 de intercambio de calor. Se usan los mismos umbrales tal como se describieron anteriormente para determinar si la bomba 54 de líquido o el compresor 52 funciona. La apertura y el cierre de la válvula 38 corresponde al encendido y apagado de la bomba 60.

25 Resultará evidente a los expertos en la técnica que pueden realizarse muchas modificaciones y variaciones obvias a las realizaciones descritas en el presente documento sin alejarse del espíritu o alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Estación (10) de energía solar que tiene:
 - 5 un almacenamiento (13) de calor sensible;
al menos un colector (12) solar;
un fluido de transferencia de calor que es líquido a temperatura ambiente;
un intercambiador (20) de calor para transferir calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento (13) de calor sensible,
 - 10 caracterizada porque la estación (10) de energía solar incluye
un primer subsistema (30) de bomba que incluye un separador (50) de vapor de agua, un compresor (52) y una bomba (54) de líquido, estando el compresor (52) adaptado para hacer circular fluido de transferencia de calor en estado de vapor entre el intercambiador (20) de calor y el al menos un colector (12) solar, y
 - 15 en la que
la estación (10) está adaptada para determinar la temperatura y la presión del fluido de transferencia de calor en una primera ubicación
y
si la temperatura y la presión del fluido de transferencia de calor está por encima de un primer conjunto de umbrales, hacer funcionar la estación en un primer modo en el que el fluido de transferencia de calor en el estado de vapor sobrecalentado abandona el al menos un colector (12) solar, se transfiere calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento (13) de calor sensible y se devuelve fluido de transferencia de calor sustancialmente en estado de vapor al al menos un colector (12) solar, y
 - 20 si la temperatura y la presión del fluido de transferencia de calor está por debajo del primer conjunto de umbrales, hacer funcionar la estación en un segundo modo en el que el fluido de transferencia de calor se calienta mientras que no se transfiere calor al almacenamiento (13) de calor sensible.
- 30 2. Estación (10) de energía solar según la reivindicación 1, en la que en el primer modo la estación (10) está adaptada para funcionar de manera que la temperatura del fluido de transferencia de calor está por encima, es igual a o está por debajo pero cerca de la curva de saturación del fluido de transferencia de calor inmediatamente después del intercambio de calor con el almacenamiento (13) de calor sensible.
- 35 3. Estación de energía solar según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que el primer subsistema (50) de bomba está adaptado para suministrar el fluido de transferencia de calor al al menos un colector (12) solar en forma o bien de vapor o bien líquida.
- 40 4. Estación (10) de energía solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que en el segundo modo la estación (10) está adaptada para determinar la temperatura y la presión del fluido de transferencia de calor en una segunda ubicación y
 - 45 si la temperatura y la presión del fluido de transferencia de calor en la segunda ubicación está por encima de un segundo conjunto de umbrales, la estación (10) está adaptada para suministrar fluido de transferencia de calor en forma de vapor a al menos un colector (12) solar, y
 - 50 si la temperatura y la presión del fluido de transferencia de calor en la segunda ubicación está por debajo del segundo conjunto de umbrales, la estación (10) está adaptada para suministrar fluido de transferencia de calor líquido a al menos un colector (12) solar.
- 55 5. Estación (10) de energía solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 que incluye:
 - un circuito cerrado que interconecta el al menos un colector solar y el intercambiador de calor;
 - un depósito (62) para el almacenamiento de fluido de transferencia de calor independiente del circuito, y
 - un mecanismo de transferencia para transferir selectivamente fluido de transferencia de calor entre el circuito y el depósito (62),
mediante la cual la estación (10) está adaptada para ajustar la masa de fluido de transferencia de calor en el circuito.
- 60 6. Estación (10) de energía solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que la estación (10) está adaptada para funcionar en el primer modo de manera que el fluido de transferencia de calor permanece sobrecalentado entre el abandono del intercambiador (20) de calor y la vuelta al al menos un colector (12) solar.
- 65 7. Estación de energía solar según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que la estación (10) está

adaptada para funcionar en el segundo modo para:

- a. al menos mantener la entalpía del fluido de transferencia de calor, o
- b. aumentar la entalpía del fluido de transferencia de calor.

- 5
8. Método de funcionamiento de una estación (10) de energía solar que tiene un almacenamiento (13) de calor sensible
al menos un colector (12) solar;
un fluido de transferencia de calor que es líquido a temperatura ambiente;
- 10 un intercambiador (20) de calor para la transferencia de calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento (13) de calor sensible,
y un primer subsistema (30) de bomba que incluye un separador (50) de vapor de agua, un compresor (52) y una bomba (54) de líquido, estando el compresor (52) adaptado para hacer circular fluido de transferencia de calor en estado de vapor entre el intercambiador (20) de calor y el al menos un colector (12) solar,
- 15 incluyendo el método:
determinar la temperatura y la presión del fluido de transferencia de calor en una primera ubicación y:
- 20 (a) si la temperatura y la presión del fluido de transferencia de calor en la primera ubicación está por encima de un primer conjunto de umbrales, hacer funcionar la estación (10) en un primer modo en el que fluido de transferencia de calor en el estado de vapor sobrecalentado abandona el al menos un colector (12) solar, se transfiere calor desde el fluido de transferencia de calor hasta el almacenamiento (13) de calor sensible y se devuelve fluido de transferencia de calor sustancialmente en estado de vapor al al menos un colector solar, y
- 25 (b) si la temperatura y la presión del fluido de transferencia de calor en la primera ubicación está por debajo del primer conjunto de umbrales, hacer funcionar la estación (10) en un segundo modo en el que el fluido de transferencia de calor se calienta mientras que no se transfiere calor al almacenamiento (13) de calor sensible.
- 30 9. Método según la reivindicación 8, en el que el primer conjunto de umbrales se selecciona de manera que en el primer modo el fluido de transferencia de calor está por encima, es igual a o está por debajo pero cerca de la curva de saturación del fluido de transferencia de calor inmediatamente después del intercambio de calor con el almacenamiento (13) de calor sensible.
- 35 10. Método según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en el que, cuando se hace funcionar en el segundo modo, determinar la temperatura y la presión de fluido de transferencia de calor en una segunda ubicación, y:
- 40 (c) si la temperatura y la presión de fluido de transferencia de calor en la segunda ubicación está por encima de un segundo conjunto de umbrales hacer funcionar la estación (10) para suministrar el fluido de transferencia de calor sustancialmente sólo en forma de vapor al al menos un colector (12) solar, y
- 45 (d) si la temperatura y la presión de fluido de transferencia de calor en la segunda ubicación está por debajo del segundo conjunto de umbrales pero por encima de un tercer conjunto de umbrales hacer funcionar la estación (10) para suministrar el fluido de transferencia de calor sustancialmente en forma líquida al al menos un colector (12) solar.
11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que el almacenamiento (13) de calor sensible comprende al menos un medio (14) de almacenamiento de calor sensible de fluido y en el primer modo la estación (10) se hace funcionar para hacer pasar el fluido de transferencia de calor a través del intercambiador (20) de calor y para hacer pasar el medio (14) de almacenamiento de calor sensible de fluido a través del intercambiador (20) de calor.
- 50
12. Método según la reivindicación 11, en el que el segundo modo incluye dejar de pasar medio (14) de almacenamiento de calor sensible de fluido a través del intercambiador (20) de calor.
- 55
13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en el que el segundo modo incluye calentar el fluido de transferencia de calor haciendo pasar el fluido de transferencia de calor a través de al menos un colector (12) solar.
- 60
14. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en el que la cantidad de fluido de transferencia de calor que se está haciendo circular se ajusta con entrada de energía al fluido de transferencia de calor.
- 65
15. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, en el que, en el primer modo, el fluido de transferencia de calor permanece sobrecalentado entre el abandono del intercambiador (20) de calor y la vuelta al al menos un colector (12) solar.

16. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 15, en el que, en el segundo modo, la entalpía del fluido de transferencia de calor:

- 5
- a. al menos se mantiene, o
 - b. se aumenta.

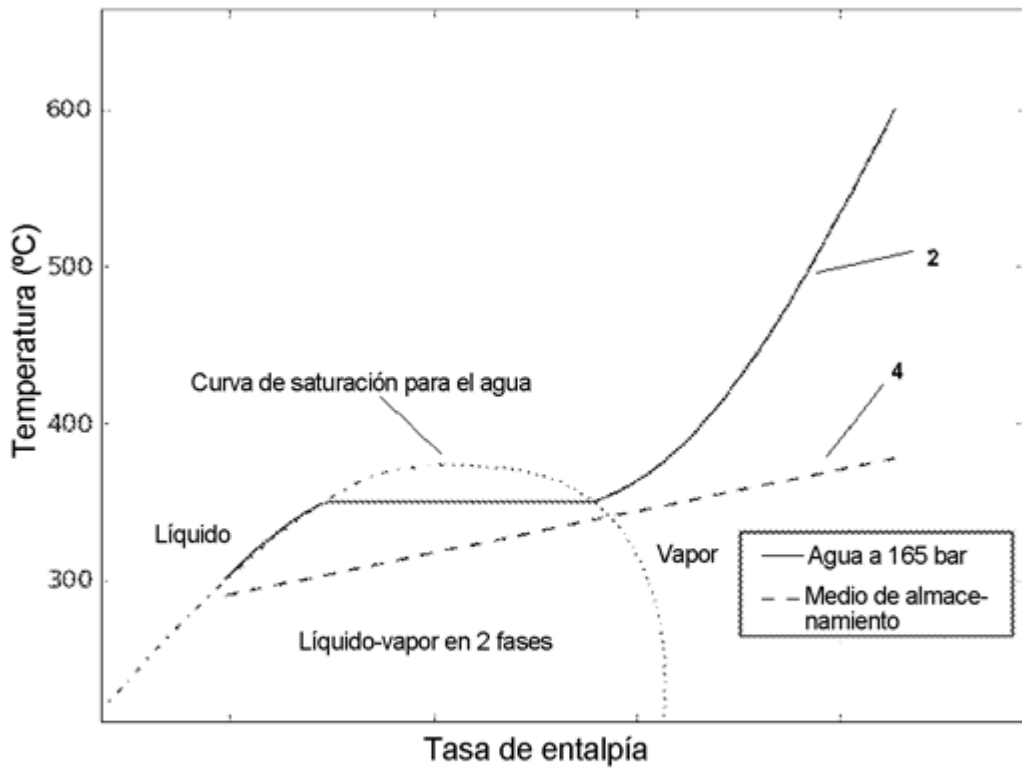


Figura 1

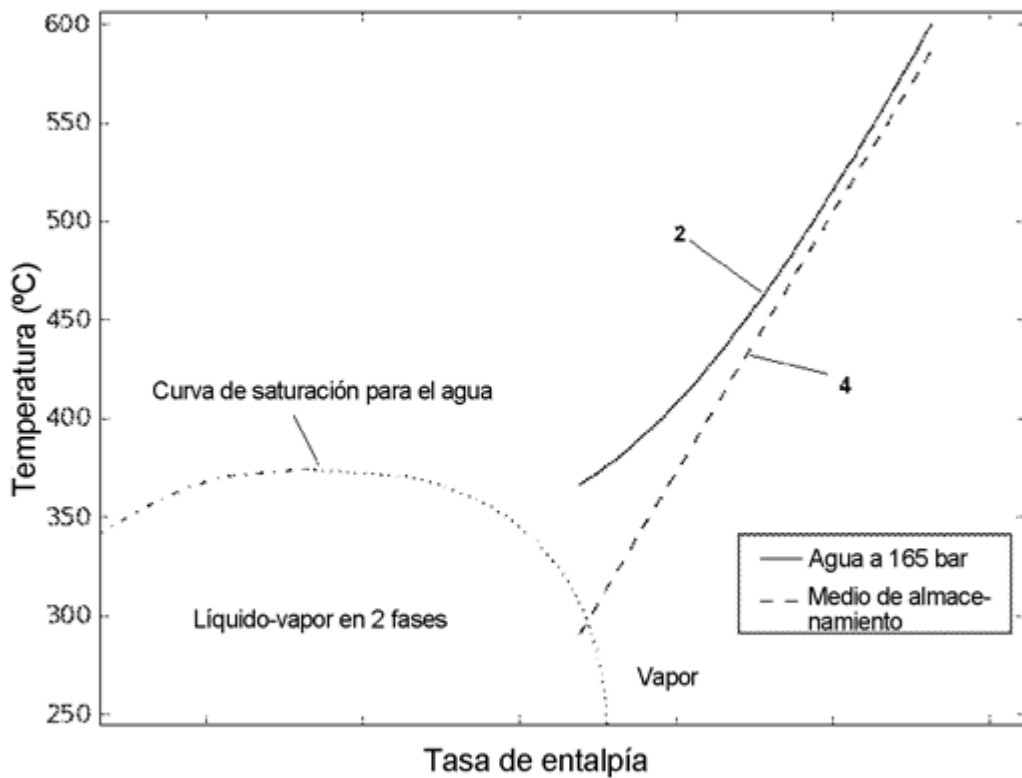


Figura 2

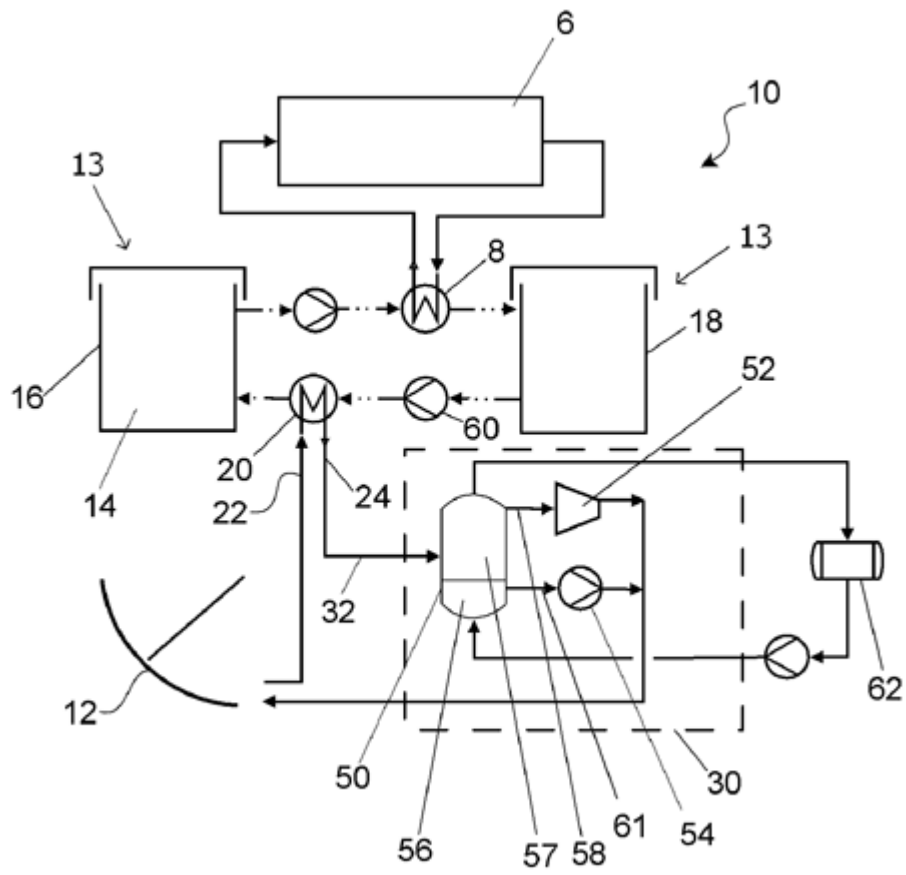


Figura 3

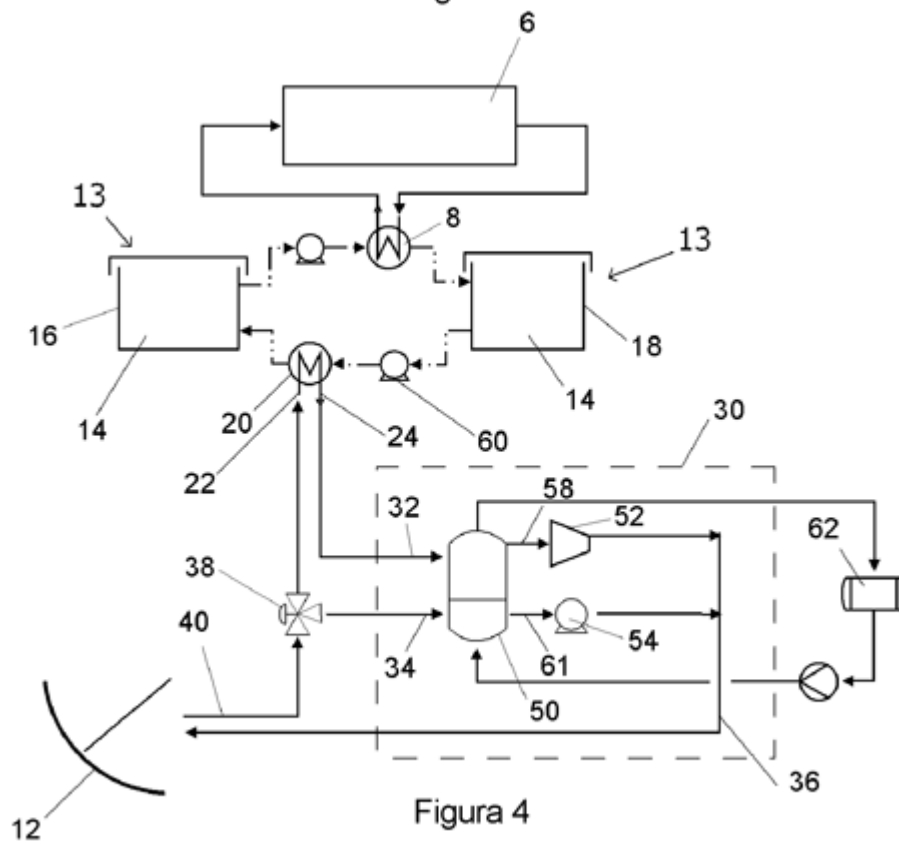


Figura 4