



CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, **Publicada:**
TG).

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

Central termosolar de concentración de fluido condensable con un receptor multitubo (5) con zonas de radiación baja (2), intermedia (3) y alta (4) tal que la zona de baja radiación (2) es utilizada para calentar el fluido de trabajo del ciclo, en estado líquido, desde la temperatura de condensación, procedente de un condensador(13) de nivel variable, hasta la de evaporación, siendo almacenado en un calderín (12) de nivel variable a dicha temperatura. Las zonas de radiación intermedia (3) y alta (4) son utilizadas para calentar un fluido calorífico desde su temperatura mínima hasta su temperatura máxima, siendo almacenado en dos o tres tanques de almacenamiento (9, 10 y 11) a diferentes temperaturas, para una posterior cesión de calor al fluido de trabajo para evaporarlo y sobrecalentarlo antes de entrar a la turbina (32) del ciclo.

CENTRAL TERMOSOLAR DE CONCENTRACIÓN CON DOS FLUIDOS
EN EL RECEPTOR Y EN EL ALMACENAMIENTO

DESCRIPCIÓN

5

Sector de la técnica

La invención se encuadra en el campo de las centrales de energía solar que requieren concentración de la radiación originaria, la cual llega a un receptor multitubo con un
10 gradiente de concentración (con zonas activas de mayor y menor concentración), como son el caso de un receptor de cavidad en un campo Fresnel de reflexión o de un receptor exterior en un campo de heliostatos de torre central. Concretamente se refiere al uso de dos fluidos en un receptor multitubo y en el almacenamiento, y al procedimiento para maximizar el aprovechamiento de las zonas de baja concentración y minimizar las pérdidas
15 exergéticas.

En particular, la invención tiene en cuenta la variación de la concentración en un receptor multitubo, y cómo las diferentes temperaturas óptimas de trabajo de dos fluidos caloríficos pueden ser utilizadas para maximizar el aprovechamiento energético de la radiación
20 incidente.

Problema técnico a resolver

Esta invención pretende resolver dos problemas técnicos: por un lado, aprovechar la
25 radiación incidente en un receptor solar con concentraciones relativamente bajas a causa de la dispersión del haz reflejado y, por otro lado, permitir un sistema de almacenamiento térmico con más de un nivel de temperatura, lo que minimiza las pérdidas exergéticas en la transmisión de calor; todo ello busca la simplificación de la planta y la reducción de costes.

30 En campos solares con receptor fijo donde varios heliostatos reflejan la radiación hacia dicho único receptor, tales como los colectores lineales Fresnel y las torres centrales, se produce una dispersión de la luz proporcional a la distancia entre cada espejo y el receptor. Ello produce que en la parte central del receptor la radiación incidente es muy alta, mientras

que en los laterales es mucho menor. El uso de un único fluido calorífico en el receptor hace que el rango de temperaturas sea relativamente estrecho, siendo entre 290 °C y 400 °C en aceites sintéticos (tradicionalmente utilizados en colectores cilindro-parabólicos), y entre 290 °C y 565 °C en las sales fundidas (utilizadas en algunas torres centrales). El principal problema radica en el umbral de utilización del fluido calorífico, que impide el aprovechamiento de zonas de bajas concentraciones. Esto no tendría por qué encontrarse en el caso de generación directa de vapor, en el que el agua puede ser introducida a muy baja temperatura (la que existe a la salida de la bomba de condensado), y precalentarse con aprovechamiento exergético en las zonas de menor concentración para evaporarse y sobrecalentarse a continuación en la zona central; sin embargo tal sistema se encontraría con dificultades de gestión en transitorios, así como para el almacenamiento de energía térmica debido al enorme volumen específico del vapor, siendo este un punto esencial en la generación de electricidad solar de concentración. De este modo, la invención pretende resolver la conjunción de la maximización del aprovechamiento térmico de la radiación concentrada sobre el receptor y el almacenamiento de esa energía en volúmenes y con costes aceptables.

Antecedentes de la invención

La invención tiene dos antecedentes inmediatos, siendo algunos de los inventores de la presente y de dicha invención los mismos. El primer antecedente es la patente ES 2 334 198 B2, "Central helio-térmica con gestión exergética de calor", que trata el almacenamiento de la energía térmica en horas de máxima radiación debido a un múltiplo solar mayor que uno, con aprovechamiento exergético mediante la utilización de dos depósitos de almacenamiento calientes a diferentes temperaturas. Los fluidos de almacenamiento en este caso, que pueden ser el mismo o diferentes para los dos depósitos, son diferentes al fluido calorífico que refrigera el receptor de la central solar. Así pues, el almacenamiento a diferentes temperaturas no se hace a partir de una colección de radiación con diferentes concentraciones, sino de transmitir calor desde el fluido calorífico en dos etapas en serie.

Por otro lado, hay un antecedente en lo que se refiere al receptor: la patente ES 2 345 759 B2 "Receptor para central solar con espejos longitudinales", con los mismos inventores que la anterior. En la reivindicación segunda de dicha patente se menciona el uso de un receptor multitubo simétrico, de manera que los tubos se agrupan en haces según su distancia al eje

central longitudinal, estando los haces laterales sometidos a una menor concentración que los centrales. El fluido calorífico entra a una temperatura relativamente baja por los haces laterales, pasando posteriormente por el central, de manera que la creación de entropía se minimiza. Esta reivindicación, sin embargo, se limita al paso de un único fluido por el receptor, y no concierne al almacenamiento de energía térmica. Además la patente ES 2 356 549 B1, "Receptor solar de anchura variable y procedimiento de variación de la anchura", cuyos inventores figuran en la presente invención, describe un receptor multitubo con válvulas en los extremos de cada tubo o haz de tubos, de forma que el flujo por ellos puede variar. Concretamente, en su reivindicación 4 se dice que en la salida de cada tubo el fluido podrá ir bien a un colector de salida, o al siguiente tubo en serie.

Con respecto a receptores multitubo, la patente WO 2009/029277 A2 plantea su uso en una central termoeléctrica de concentración de reflexión Fresnel en sus figuras 8 a 11, pero en ellas no aparece un aprovechamiento exergético claro, y en ningún caso el uso de dos fluidos. Los mismos autores de esta última patente utilizan las mismas figuras de un receptor multitubo en la patente WO 2009/023063 A2, donde no se menciona en ningún caso la circulación del fluido calorífico.

Finalmente, la patente US 4400946 A muestra en las figuras 3 y 7 la posibilidad de almacenar en varios depósitos con diferentes temperaturas. Sin embargo en ningún momento se refiere al uso de esos depósitos con fluidos diferentes, que además puedan ser fluidos caloríficos del receptor.

Descripción de la invención

25

La invención describe una central térmica solar de concentración, que sigue un ciclo de potencia de fluido condensable y comprende:

- una turbina de vapor y una bomba hidráulica;
- un receptor multitubo de radiación solar;
- 30 - un calderín de nivel variable, que hace las veces de calderín del ciclo y de almacenamiento de un fluido de trabajo saturado a la presión de evaporación del ciclo;
- un condensador de nivel variable, que hace las veces de condensador del ciclo y de almacenamiento del fluido de trabajo saturado a la presión de condensación del ciclo;

- un sistema de almacenamiento de energía térmica en un fluido calorífico con al menos dos niveles de temperatura, con un depósito de baja temperatura y otro depósito de alta temperatura;
- al menos tres intercambiadores de calor del fluido calorífico con el fluido de trabajo: un precalentador, un evaporador y un sobrecalentador.

Entre los anteriores elementos existe una pluralidad de conexiones hidráulicas. Por otro lado, por el receptor multitubo circulan dos fluidos distintos: un fluido de trabajo, que produce potencia al expandirse en la turbina, y un fluido calorífico, que sirve para acumulación de energía en distintos depósitos de la instalación. Además, el receptor consta de tres zonas de concentración de la radiación:

- una primera zona de baja radiación, de manera que la intensidad radiativa en cada uno de sus puntos es menor que en cualquier punto del receptor no perteneciente a la zona de baja radiación, con una superficie relativa a la superficie total tal que la energía capturada media en esa zona sea entre el 25% y el 40% de la energía total capturada en el receptor;
- una segunda zona de alta radiación, tal que la intensidad radiativa en cada uno de sus puntos es mayor que en cualquier punto del receptor no perteneciente a la zona de alta radiación, con una superficie relativa a la superficie total del receptor tal que la energía capturada media en esa zona sea entre el 5% y el 35% de la energía total capturada en el receptor; y,
- una tercera zona de radiación intermedia entre la zona de baja radiación y la zona de alta radiación, de modo que la intensidad radiativa en cualquiera de sus puntos es mayor que la intensidad radiativa en cualquiera de los puntos de la zona de baja radiación, pero menor que en cualquiera de los de la zona de alta radiación.

Por los tubos de la zona de baja radiación circula el fluido de trabajo, y por los tubos de la zona de alta radiación y de la zona de radiación intermedia circula el fluido calorífico, de modo que

- por la zona de baja radiación del receptor circula el fluido de trabajo en estado líquido a la presión de evaporación del ciclo, aumentando su temperatura hasta, como máximo, la temperatura de saturación a dicha presión;

- por las zonas de radiación intermedia y alta del receptor circula el fluido calorífico, aumentando su temperatura hasta su máxima temperatura de trabajo para las concentraciones máximas de la época del año dada.

5 Además se cumple que la zona de baja radiación se encuentra en los laterales del receptor; la zona de alta radiación se encuentra en la zona central del receptor, y la zona de radiación intermedia se encuentra entre la zona de baja radiación y la zona de alta radiación.

10 La central térmica solar comprende unas válvulas y un vaso de expansión en el circuito de la zona de baja radiación del receptor, de forma que:

- las válvulas se abren y cierran y la bomba hidráulica se activa y desactiva en función de la radiación recibida en la zona de baja radiación del receptor,
- el vaso de expansión permite las expansiones y contracciones del fluido de trabajo en el circuito debido a cambios de temperatura en caso de estar las válvulas cerradas.

15

En otra configuración de la central térmica solar existe, al menos, un depósito de almacenamiento de fluido calorífico, a una temperatura intermedia entre las temperaturas del primer depósito y del segundo depósito de almacenamiento del fluido calorífico.

20 La central térmica solar además comprende:

- una pluralidad de válvulas de corte o cierre en los diversos circuitos de conexión entre los dos depósitos de almacenamiento y el calderín, la turbina, el condensador y la bomba del condensado, y el receptor y los intercambiadores de calor;
- una pluralidad de bombas de impulsión de caudal;

25 de manera que dichas válvulas y dichas bombas se activan y se desactivan en función de la radiación recibida en cada zona del receptor en función de la radiación recibida.

En otra configuración la central térmica solar comprende:

- 30
- una pluralidad de válvulas de corte o cierre en los diversos circuitos de conexión entre los tres depósitos de almacenamiento y el calderín, la turbina, el condensador y la bomba del condensado, y el receptor y los intercambiadores de calor;
 - una pluralidad de bombas de impulsión de caudal;

de manera que dichas válvulas y dichas bombas se activan y se desactivan en función de la radiación recibida en cada zona del receptor en función de la radiación recibida.

La invención también describe un procedimiento de operación de una central térmica solar de concentración de modo que cuando la radiación en la zona de baja radiación del receptor hace alcanzar una temperatura en el fluido de trabajo de, al menos, 100 °C por debajo de la temperatura en el calderín, y siempre que el condensador no esté vacío y que el calderín no esté lleno, el fluido de trabajo es presurizado desde la presión de condensación en el condensador hasta la presión de evaporación en el calderín, siendo bombeado a dicha presión en estado líquido desde el condensador hasta el calderín por el circuito de la zona de baja radiación del receptor.

Según dicho procedimiento: cuando la temperatura alcanzada por el fluido de trabajo en el circuito de la zona de baja radiación del receptor es menor que la de saturación a la presión del calderín, se bombea fluido calorífico desde el tanque de alta temperatura hacia el tanque de baja temperatura por el intercambiador de calor precalentador, donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta alcanzar la temperatura del tanque; y el fluido de trabajo circula en estado líquido desde la zona de baja radiación del receptor hacia el calderín por el precalentador, donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico aumentando su temperatura hasta la temperatura del calderín, que es la temperatura de saturación a la presión de evaporación del ciclo.

Según otra variante del procedimiento: cuando la temperatura alcanzada por el fluido de trabajo en el circuito de la zona de baja radiación del receptor es menor que la de saturación a la presión del calderín, se bombea fluido calorífico desde el tanque de temperatura intermedia hacia el tanque de baja temperatura por el intercambiador de calor precalentador, donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta alcanzar la temperatura del tanque de baja temperatura; y el fluido de trabajo circula en estado líquido desde la zona de baja radiación del receptor hacia el calderín por el precalentador, donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico aumentando su temperatura hasta la temperatura del calderín, que es la temperatura de saturación a la presión de evaporación del ciclo.

En otra configuración del procedimiento, cuando la radiación en la zona de radiaciones intermedia y alta del receptor aumenta hasta que el fluido calorífico alcanza la temperatura del tanque de almacenamiento de alta temperatura, y siempre que el tanque de baja temperatura no esté vacío y que el tanque de alta temperatura no esté lleno, el fluido calorífico es bombeado desde el tanque de baja temperatura, circulando primero por el circuito de la zona de radiación intermedia del receptor y después por el circuito de la zona de alta radiación del receptor, hasta el tanque de alta temperatura.

En otra variante del procedimiento:

- 10 - cuando la radiación en la zona de radiación intermedia del receptor aumenta hasta que el fluido calorífico alcanza la temperatura del tanque de almacenamiento de temperatura intermedia, y siempre que el tanque de baja temperatura no esté vacío y que el tanque de temperatura intermedia no esté lleno, el fluido calorífico es bombeado desde el tanque de baja temperatura, circulando por el circuito de la zona de radiación intermedia del receptor hasta el tanque de temperatura intermedia;
- 15 - cuando la radiación en la zona de alta radiación del receptor aumenta hasta que el fluido calorífico alcanza la temperatura del tanque de almacenamiento de alta temperatura, y siempre que el tanque de temperatura intermedia no esté vacío y que el tanque de alta temperatura no esté lleno, el fluido calorífico es bombeado desde el tanque de temperatura intermedia, circulando por el circuito de la zona de alta radiación del receptor, hasta el tanque de alta temperatura.

En otra variante del procedimiento, cuando se requiere el funcionamiento de la central para generación de potencia, y siempre que:

- el tanque de alta temperatura contenga fluido calorífico,
- 25 - el calderín contenga fluido de trabajo,
- el tanque de baja temperatura no esté lleno de fluido calorífico,
- el condensador no esté lleno de fluido de trabajo,

entonces:

- 30 - el fluido calorífico es impulsado desde el tanque de alta temperatura hacia el de baja temperatura pasando primero por el intercambiador sobrecalentador y después por el intercambiador de calor evaporador, donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta la del tanque de baja temperatura;
- el fluido de trabajo en estado líquido saturado es impulsado desde el calderín por el evaporador, donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico evaporándose

parcialmente, volviendo el fluido de trabajo al calderín en estado de mezcla líquido-vapor a la misma presión y temperatura;

- el fluido de trabajo en estado de vapor saturado circula desde el calderín por el sobrecalentador, donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico aumentando su temperatura a presión aproximadamente constante hasta una temperatura entre 30 °C y 5 °C inferior a la temperatura del tanque caliente; circulando el fluido de trabajo en forma de vapor sobrecalentado después por la turbina, donde baja su presión y temperatura cediendo energía a la turbina; y desembocando el fluido de trabajo a la temperatura y presión de condensación en el condensador, donde es condensado y almacenado en forma de líquido saturado.

En otra variante del procedimiento, cuando se requiere el funcionamiento de la central para generación de potencia, y siempre que

- los tanques de temperatura intermedia y alta contengan fluido calorífico,
- el calderín contenga fluido de trabajo,
- los tanques de temperatura baja e intermedia no esté llenos de fluido calorífico,
- el condensador no esté lleno de fluido de trabajo,

entonces:

- el fluido calorífico es impulsado desde el tanque de temperatura intermedia hacia el de baja temperatura por el intercambiador de calor evaporador, donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta la del tanque;
- el fluido de trabajo en estado líquido saturado es impulsado desde el calderín por el evaporador, donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico evaporándose parcialmente, volviendo el fluido de trabajo al calderín en estado de mezcla líquido-vapor a la misma presión y temperatura;
- el fluido calorífico es impulsado desde el tanque de alta temperatura hacia el de baja temperatura por el intercambiador de calor sobrecalentador, donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta la del tanque;
- el fluido de trabajo en estado de vapor saturado circula desde el calderín por el sobrecalentador, donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico aumentando su temperatura a presión aproximadamente constante hasta una temperatura entre 30 °C y 5 °C inferior a la temperatura del tanque caliente; circulando el fluido de trabajo en forma de vapor sobrecalentado después por la turbina, donde baja su presión y temperatura cediendo energía a la turbina; y desembocando el fluido de trabajo a la temperatura y

presión de condensación en el condensador, donde es condensado y almacenado en forma de líquido saturado.

Finalmente, en otra variante del procedimiento, cuando se requiere el funcionamiento de la central para generación de potencia, y siempre que

- los tanques de temperatura intermedia y alta contengan fluido calorífico,
- el calderín contenga fluido de trabajo,
- los tanques de temperatura baja e intermedia no estén llenos de fluido calorífico,
- el condensador no esté lleno de fluido de trabajo,

entonces:

- el fluido calorífico es impulsado desde el tanque de temperatura intermedia hacia el de baja temperatura por el intercambiador de calor evaporador, donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta la del tanque;
- el fluido de trabajo en estado líquido saturado es impulsado desde el calderín por el evaporador, donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico evaporándose parcialmente, volviendo el fluido de trabajo al calderín en estado de mezcla líquido-vapor a la misma presión y temperatura;
- el fluido calorífico es impulsado desde el tanque de alta temperatura hacia el de temperatura intermedia por el intercambiador de calor sobrecalentador, donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta la del tanque;
- el fluido de trabajo en estado de vapor saturado circula desde el calderín por el sobrecalentador, donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico aumentando su temperatura a presión aproximadamente constante hasta una temperatura entre 30 °C y 5 °C inferior a la temperatura del tanque caliente; circulando el fluido de trabajo en forma de vapor sobrecalentado después por la turbina, donde baja su presión y temperatura cediendo energía a la turbina; y desembocando el fluido de trabajo a la temperatura y presión de condensación en el condensador, donde es condensado y almacenado en forma de líquido saturado.

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra la radiación recibida, en kW/m^2 , en la cara activa de un receptor de colector lineal Fresnel, siendo la abscisa de la figura la coordenada transversal del receptor, con un diseño determinado y para un instante de un día del año dado.

5 La figura 2 muestra un esquema de un receptor multitubo de colector lineal Fresnel.

La figura 3 muestra un esquema de la invención, en el que se aprecian los diferentes componentes necesarios para su funcionamiento en una variante de la invención.

10 La figura 4 muestra el esquema de la carga del almacenamiento mediante el paso de los dos fluidos por el receptor.

La figura 5 muestra el esquema de la descarga del almacenamiento y generación de potencia mecánica en la turbina.

15

La figura 6 muestra un esquema de otra variante de la invención, en el que se aprecian los mismos componentes, con la única diferencia de que a la salida del intercambiador de calor sobrecalentador el fluido calorífico sale hacia el depósito intermedio, siendo reutilizado en el evaporador antes de pasar de nuevo por el receptor para absorber calor.

20

La figura 7 muestra un esquema de otra variante de la invención, en el que se aprecian algunos de los componentes de los anteriores esquemas, con la salvedad de que únicamente hay dos depósitos de fluido calorífico, uno caliente y uno frío, de manera que dicho fluido pasa en serie por dos intercambiadores de calor (sobrecalentador y evaporador, 25 en este orden, desde el depósito caliente hasta el frío) en su enfriamiento. Del mismo modo el fluido calorífico pasa en serie por las zonas de radiación intermedia y alta del receptor desde el depósito frío hacia el caliente.

La figura 8 muestra un diagrama temperatura-calor intercambiado en el que se compara la 30 evolución térmica obtenida en la invención con la de otras tecnologías empleadas comúnmente.

Para facilitar la comprensión de las figuras de la invención, y de sus modos de realización, a continuación se relacionan los elementos relevantes de la misma:

- 5 1. Perfil de radiación a lo ancho de un determinado receptor Fresnel, en un determinado instante.
2. Zona de baja radiación del receptor (5), utilizada para precalentamiento del fluido de trabajo presurizado hasta la temperatura de saturación en el calderín (12).
3. Zona de radiación intermedia del receptor (5), utilizada para calentar el fluido calorífico hasta una temperatura intermedia.
- 10 4. Zona de alta radiación del receptor (5), utilizada para calentar el fluido calorífico hasta la temperatura nominal en las condiciones de radiación típicas de la época del año.
5. Receptor de la radiación solar, compuesto por haces de tubos de las zonas de radiación baja, intermedia y alta (2, 3 y 4), aislamiento entre zonas (6), cajón aislante (7) y ventana transparente (8).
- 15 6. Aislamiento entre zonas del receptor (5) de las zonas de radiación baja, intermedia y alta (2, 3, 4).
7. Cajón aislante del receptor (5).
8. Ventana transparente del receptor (5).
9. Depósito de almacenamiento de fluido calorífico a baja temperatura, concretamente a
20 una temperatura superior a la de evaporación del fluido de trabajo e inferior a la temperatura máxima del fluido calorífico.
10. Depósito de almacenamiento de fluido calorífico a una temperatura intermedia entre la del depósito de baja temperatura (9) y la temperatura máxima del fluido calorífico para las condiciones dadas.
- 25 11. Depósito de almacenamiento de fluido calorífico a alta temperatura, siendo la temperatura máxima del fluido calorífico para las condiciones de la época del año dadas.
12. Calderín de la turbina de vapor que hace las veces de almacenamiento de fluido de trabajo líquido precalentado hasta la temperatura de evaporación, luego de nivel variable.
- 30 13. Condensador de la turbina de vapor que hace las veces de almacenamiento de fluido de trabajo líquido saturado a baja presión tras el paso por la turbina, luego de nivel variable.

14. Válvula de cierre del circuito de captación de la zona de baja radiación (2) del receptor (5) tras el condensador (13).
15. Válvula de cierre del circuito de captación de la zona de baja radiación (2) del receptor (5) tras este.
- 5 16. Bomba de condensado del ciclo de potencia, que presuriza el fluido de trabajo líquido desde la presión de condensación hasta la presión de evaporación.
17. Intercambiador de calor precalentador entre el fluido calorífico que viene del depósito de fluido calorífico de temperatura intermedia (10) o alta (11), según la variante de la invención, y que acaba de precalentar el fluido de trabajo hasta la temperatura de evaporación si el paso por el receptor hubiese sido insuficiente antes de su llegada al calderín (12).
- 10 18. Válvula de cierre del circuito de captación de la zona de radiación intermedia (3) del receptor (5), que permite el paso de fluido calorífico por dicho receptor desde el depósito de baja temperatura (9) hacia el depósito de temperatura intermedia (10).
- 15 19. Bomba de circulación del circuito de captación de la zona de radiación intermedia (3) del receptor (5), que fuerza el paso de fluido calorífico por dicho receptor desde el depósito de baja temperatura (9) hacia el depósito de temperatura intermedia (10).
- 20 20. Válvula de cierre del circuito de captación de la zona de alta radiación (4) del receptor (5), que permite el paso de fluido calorífico por dicho receptor desde el depósito de temperatura intermedia (10) hacia el depósito de alta temperatura (11).
21. Bomba de circulación del circuito de captación de alta la zona de alta radiación (4) del receptor (5), que fuerza el paso de fluido calorífico por dicho circuito desde el depósito de temperatura intermedia (10) hacia el depósito de alta temperatura (11).
- 25 22. Válvula de cierre del circuito de precalentamiento final, que permite el paso de fluido calorífico por el intercambiador de calor precalentador (17) desde el depósito de temperatura intermedia (10) hacia el depósito de baja temperatura (9).
23. Bomba de circulación del circuito de precalentamiento final, que fuerza el paso de fluido calorífico por el intercambiador de calor precalentador (17) desde el depósito de temperatura intermedia (10) hacia el depósito de baja temperatura (9).
- 30 24. Bomba de circulación del circuito de evaporación, que fuerza el paso de fluido de trabajo líquido saturado desde el calderín (12) por el intercambiador de calor evaporador (25) de nuevo hacia el calderín (12), tras haber sido parcialmente evaporado.

25. Intercambiador de calor evaporador entre el fluido calorífico que entra a temperatura intermedia, bien desde el depósito de temperatura intermedia (10) o bien desde el intercambiador sobrecalentador (30), y que evapora parcialmente el líquido saturado que viene desde el calderín (12).
- 5 26. Válvula de cierre del circuito de evaporación, que permite el paso de fluido calorífico por el intercambiador de calor evaporador (25) desde el depósito de temperatura intermedia (10) hacia el depósito de baja temperatura (9).
27. Bomba de circulación del circuito de evaporación, que fuerza el paso de fluido calorífico por el intercambiador de calor evaporador (25) desde el depósito de temperatura intermedia (10) hacia el depósito de baja temperatura (9).
- 10 28. Válvula de cierre del circuito de sobrecalentamiento, que permite el paso de fluido calorífico por el intercambiador de calor sobrecalentador (30) desde el depósito de alta temperatura (11) hacia el depósito de baja temperatura (9).
29. Bomba de circulación del circuito de sobrecalentamiento, que fuerza el paso de fluido calorífico por el intercambiador de calor sobrecalentador (30) desde el depósito de alta temperatura (11) hacia el depósito de baja temperatura (9).
- 15 30. Intercambiador de calor sobrecalentador entre el fluido calorífico que viene del depósito de fluido calorífico de alta temperatura (11), que sobrecalienta el vapor saturado que viene desde el calderín (12).
- 20 31. Válvula de corte de entrada a la turbina (32).
32. Turbina del ciclo de potencia de la planta.
33. Vaso de expansión en la zona de baja radiación (2) del receptor (5).
34. Circuito refrigerante del condensador (13).
35. Válvula de cierre del circuito de sobrecalentamiento, que permite el paso de fluido calorífico por el intercambiador de calor sobrecalentador (30) desde el depósito de alta temperatura (11) hacia el depósito de temperatura intermedia (10) .
- 25 36. Bomba de circulación del circuito de sobrecalentamiento, que fuerza el paso de fluido calorífico por el intercambiador de calor sobrecalentador (30) desde el depósito de alta temperatura (11) hacia el depósito de temperatura intermedia (10).
- 30 37. Válvula de cierre del circuito de sobrecalentamiento y evaporación, que permite el paso de fluido calorífico primero por el intercambiador de calor sobrecalentador (30) y después

por el intercambiador de calor evaporador (25) desde el depósito de alta temperatura (11) hacia el depósito de baja temperatura (9).

38. Bomba de circulación del circuito de sobrecalentamiento y evaporación, que fuerza el paso de fluido calorífico primero por el intercambiador de calor sobrecalentador (30) y después por el intercambiador de calor evaporador (25) desde el depósito de alta temperatura (11) hacia el depósito de baja temperatura (9).
39. Válvula de cierre del circuito de precalentamiento final, que permite el paso de fluido calorífico por el intercambiador de calor precalentador (17) desde el depósito de alta temperatura (11) hacia el depósito de baja temperatura (9).
40. Bomba de circulación del circuito de precalentamiento final, que fuerza el paso de fluido calorífico por el intercambiador de calor precalentador (17) desde el depósito de alta temperatura (11) hacia el depósito de baja temperatura (9).
41. Válvula de cierre del circuito de captación de las zonas de radiación intermedia (3) y alta (4) del receptor (5), y que permite el paso de fluido calorífico por el circuito desde el depósito de baja temperatura (9) hacia el depósito de alta temperatura (11).
42. Bomba de circulación del circuito de captación de las zonas de radiación intermedia (3) y alta (4) del receptor (5), que fuerza el paso de fluido calorífico por este desde el depósito de baja temperatura (9) hacia el depósito de temperatura intermedia (11).
43. Línea de precalentamiento, evaporación y sobrecalentamiento del fluido de trabajo de una turbina de vapor sin extracciones, representada en un diagrama temperatura-calor intercambiado.
44. Línea de cesión de calor de una sal fundida binaria aportando calor entre sus temperaturas máxima y mínima al fluido de trabajo de la turbina de vapor para precalentar, evaporar y sobrecalentar, representada en un diagrama temperatura-calor intercambiado.
45. Línea de cesión de calor de una sal binaria que trabaja entre una temperatura intermedia y la mínima para evaporar el fluido de trabajo de la turbina de vapor en un diagrama temperatura-calor intercambiado.
46. Línea de cesión de calor de una sal binaria que trabaja entre las temperaturas máxima y mínima para sobrecalentar el vapor antes de su entrada a la turbina de vapor (32) en un diagrama temperatura-calor intercambiado.

47. Línea de cesión de calor de una sal binaria que trabaja entre las temperaturas máxima y mínima para evaporar el fluido de trabajo y sobrecalentar el vapor generado antes de su entrada a la turbina de vapor (32) en un diagrama temperatura-calor intercambiado.

5 48. Línea de cesión de calor de una sal binaria que trabaja entre las temperaturas máxima e intermedia para sobrecalentar el vapor antes de su entrada a la turbina de vapor (32) en un diagrama temperatura-calor intercambiado.

Descripción detallada de una forma de realización de la invención

10 La invención consiste en utilizar un receptor multitubo (5) en un campo solar con radiación no uniforme, de forma que por la parte central del receptor, sometida a mayor radiación, pase un fluido calorífico de alta temperatura, capaz de almacenar energía térmica, y que por las zonas laterales, sometidas a menores concentraciones, fluya el fluido de trabajo del bloque de potencia (un fluido condensable en su fase líquida), haciendo las veces de fluido
15 calorífico, calentándose hasta la temperatura de saturación, y siendo almacenado como tal en el calderín (12) de dicho bloque de potencia. A partir de este momento se llamará al fluido que circula por la zona de baja radiación (2) fluido de trabajo, por ser utilizado después directamente en el bloque de potencia, y al fluido que circula por las zonas de radiación intermedia (3) y alta (4) fluido calorífico, por no ser más que un mero transportador y
20 acumulador de energía térmica. Así pues, la invención comprende los siguientes componentes:

- Un receptor multitubo (5), diseñado para que por sus tubos exteriores circule, desde los más laterales hacia los más centrales de esta zona, el fluido de trabajo en fase líquida bombeado desde el condensador (13) del ciclo a la presión de evaporación del calderín
25 (12), aumentando su temperatura en la zona de baja radiación (2) del receptor (5) hasta la temperatura de saturación a dicha presión; y para que por sus tubos centrales circule en dos circuitos, que pueden estar separados o en serie, uno en la zona de radiación intermedia (3) y otro en la zona de alta radiación (4), un fluido calorífico que haga las veces de almacenamiento térmico.
- 30 - Tres depósitos para el fluido calorífico, uno de menor tamaño que los otros dos a la temperatura máxima alcanzable, llamado depósito de alta temperatura (11), uno a la temperatura mínima de funcionamiento del fluido, llamado depósito de baja temperatura (9), y otro a una temperatura algo superior a la de saturación en el calderín (12) del bloque de potencia, llamado depósito de temperatura intermedia (10), los tres

adecuadamente aislados para evitar su congelación. Alternativamente se puede tener únicamente un depósito de alta temperatura (11) y otro de baja temperatura (9), cediendo el fluido calorífico calor sucesivamente en dos intercambiadores de calor (30 y 25) dispuestos en serie.

- 5 - Un intercambiador de calor evaporador (25) que intercambia calor entre el fluido calorífico que entra a temperatura intermedia y el fluido de trabajo en fase líquida saturada proveniente del calderín (12), para ser evaporado parcialmente.
 - Un intercambiador de calor sobrecalentador (30) que intercambia calor entre el fluido calorífico, tras salir del depósito caliente (11), y el fluido de trabajo evaporado saturado
10 procedente del calderín (12).
 - Un intercambiador de calor precalentador (17) que intercambia calor entre el fluido calorífico proveniente del depósito de temperatura intermedia (10) o alta (11) y el fluido de trabajo, que ha sido precalentado en la zona de baja radiación (2) del receptor (5), si la temperatura de salida de dicha zona no alcanza la de saturación a la presión del
15 calderín (12).
 - Un calderín (12) de nivel variable adecuadamente dimensionado, de manera que durante el día se cargue con el suficiente fluido de trabajo líquido saturado a presión de evaporación para hacer funcionar el bloque de potencia sin aportación de radiación solar durante las horas nominales de almacenamiento establecidas.
 - 20 - Un condensador (13) de nivel variable adecuadamente dimensionado, de manera que durante la descarga del sistema de almacenamiento el fluido de trabajo expandido en la turbina (32) sea almacenado en él en forma de líquido saturado, a la espera de volver a ser bombeado para calentarse en el receptor (5) cuando exista radiación solar para ello.
- 25 La invención incluye una pluralidad de válvulas de corte o cierre (14, 15, 18, 20, 22, 26, 28, 31, 35, 37, 39 y 41), en los diversos ramales de los circuitos de conexión entre los componentes antedichos, de manera que el sistema de captación de calor quede cerrado cuando no haya radiación solar, pudiendo funcionar el bloque de potencia de manera independiente a la captación de calor. Para evitar la generación de vacío en los tubos del
30 receptor debido al aumento de la densidad del fluido de trabajo al enfriarse, el circuito de baja radiación está conectado a un vaso de expansión (33). Además el sistema incluye una serie de bombas (19, 21, 23, 24, 27, 29, 36, 38, 40 y 42) para forzar el flujo del fluido por los diferentes componentes.

De esta manera tanto la absorción de calor en el receptor (5) como la cesión de calor al fluido de trabajo de la turbina de vapor están sectorizadas, de manera que se minimizan las pérdidas exergéticas en los distintos tramos del proceso de transmisión de calor, que son:

- El tramo de baja temperatura, que consiste en el paso de fluido de trabajo en estado líquido proveniente del condensador (13) de la turbina de vapor, presurizado por la bomba de condensado del ciclo de potencia (16) a la presión de evaporación del ciclo, por la zona de baja radiación (2) del receptor (5), situada en sus laterales, empezando el flujo por los tubos o haces de tubos extremos y pasando en serie a continuación por zonas interiores en las que su temperatura aumenta hasta llegar a la temperatura de saturación a la presión del calderín (12). A la salida de este circuito, el fluido de trabajo va a parar al calderín (12) de nivel variable, pasando previamente por el intercambiador precalentador (17). Dicho intercambiador precalentador (17) está alimentado o no por fluido calorífico dependiendo de las condiciones térmicas alcanzadas por el fluido de trabajo en la zona de baja radiación (2) del receptor (5). De esta forma, en caso de que la radiación en la zona de baja radiación (2) del receptor (5) no sea suficiente como para llegar a la temperatura de saturación, el fluido es finalmente calentado hasta dicha temperatura en su paso intercambiador de calor precalentador (17), alimentado por fluido calorífico del depósito de almacenamiento de temperatura intermedia (10) o, en su defecto, del depósito de almacenamiento de alta temperatura (11). El paso del fluido de trabajo por el intercambiador precalentador (17) cuando la radiación en el receptor (5) hace alcanzar la temperatura de evaporación, es decir, cuando el intercambiador precalentador (17) no es alimentado por fluido calorífico, puede ser evitado mediante un bypass, no representados en las figuras, con el objetivo de no aumentar las pérdidas de carga de forma innecesaria. Durante los tramos del día en los que la potencia radiativa que llega al receptor (5) es mayor que la necesaria para hacer funcionar el ciclo en condiciones nominales, el fluido de trabajo que es precalentado hasta la temperatura de saturación es mayor al admitido por la turbina de vapor tras ser evaporado y sobrecalentado en los siguientes sectores, con lo que el nivel de fluido líquido en el calderín (12) va aumentando. Por el contrario, se podrá estar calentando menos caudal de fluido de trabajo en el receptor del que está siendo consumido por la turbina, en cuyo caso el nivel de líquido bajará. Finalmente, en caso de que la radiación en la zona de baja radiación (2) del receptor (5) no permita alcanzar, al menos, una temperatura inferior a la de saturación en 100 °C, el circuito del receptor (5) será cerrado mediante las válvulas (14 y 15), haciendo funcionar el generador de vapor a partir del fluido de trabajo almacenado en el calderín (12) hasta que este llegue a su nivel mínimo; del mismo modo, cuando el flujo másico por la turbina (32) sea mayor que el del receptor

(5), por ser insuficiente o nula la radiación, el fluido de trabajo condensado será almacenado en el condensador (13), que será de nivel variable, al igual que el calderín (12).

- El tramo de temperatura intermedia, que consiste, durante la recepción de radiación, en el paso del fluido calorífico desde el depósito de baja temperatura (9), a temperatura ligeramente superior a la de evaporación del fluido de trabajo (temperatura del calderín (12)), por la zona de radiación intermedia (3) del receptor (5), empezando por los tubos laterales de dicha zona y acercándose en serie hacia los centrales, hasta alcanzar una temperatura determinada, superior a la de evaporación e inferior a la temperatura máxima del fluido, pasando bien al depósito de temperatura intermedia (10) o bien a la zona de alta radiación (4) del receptor (5). Durante la generación de potencia, el fluido calorífico a temperatura intermedia, proveniente bien del depósito de temperatura intermedia (10) o bien directamente de ceder calor a mayor temperatura en el intercambiador de calor sobrecalentador (30), es utilizado para ceder calor en el intercambiador de calor evaporador (25). El fluido de trabajo líquido saturado sacado del calderín (12) es evaporado parcialmente en dicho intercambiador, y después es devuelto al calderín (12), donde hay equilibrio líquido-vapor; mientras que el fluido calorífico sale hacia el depósito de baja temperatura (9) una vez ha cedido calor en el intercambiador (25). En paralelo hay un ramal de fluido calorífico desde el depósito de temperatura intermedia (10) o de alta temperatura (11) hacia el de baja temperatura (9) con paso por el intercambiador precalentador (17), que estará abierto en los momentos del día en los que la radiación en la zona de baja radiación (2) del receptor (5) no sea la suficiente como para que el fluido de trabajo alcance la temperatura de saturación. El calentamiento de fluido calorífico en la zona de radiación intermedia (3) del receptor (5) y su enfriamiento en el evaporador y precalentador están desacoplados, por lo que podrá adaptarse cada flujo másico a la potencia radiativa y a las necesidades de potencia eléctrica en la turbina (32) respectivamente. Ambos circuitos, carga y descarga, podrán estar en serie con los de alta temperatura, siendo innecesario en el límite el depósito de temperatura intermedia (10).
- El tramo de alta temperatura, que consiste, durante la carga, en el paso de fluido calorífico desde el depósito de temperatura intermedia (10) por la zona de alta radiación (4) del receptor (5), pasando primero por los tubos laterales de esta zona y saliendo por los centrales a la temperatura nominal de funcionamiento para la época de trabajo, menor que la temperatura máxima admisible por el fluido, hacia el depósito de alta temperatura (11). El circuito caliente se cierra en la descarga mediante la extracción de fluido calorífico del depósito de alta temperatura (11) y su paso por un intercambiador de

calor sobrecalentador (30). En dicho intercambiador el fluido de trabajo en forma de vapor saturado, que se extrae del calderín (12), es sobrecalentado antes de entrar a la turbina de vapor (32); al mismo tiempo, el fluido calorífico sale del intercambiador sobrecalentador (30), tras haber cedido calor hasta alcanzar una temperatura intermedia, hacia el depósito de temperatura intermedia (10) o hacia el intercambiador de calor evaporador (24), según la configuración. Nuevamente, el calentamiento del fluido calorífico en el receptor (5) y la cesión de calor al vapor en el intercambiador sobrecalentador (30) están desacoplados, pudiendo adaptarse cada flujo másico a la potencia radiativa y a las necesidades de potencia eléctrica en la turbina (32) respectivamente.

Esta invención es adecuada para colectores solares de concentración en los que varios espejos situados a diferentes distancias del receptor (5) reflejan la luz sobre este. Debido a la dispersión de la luz, la radiación que llega al receptor (5) no es constante en toda su superficie, sino que es más alta en el centro y baja en los laterales. Un ejemplo es la radiación que llega en un colector Fresnel, con la configuración del prototipo Fresdemo construido en la Planta Solar de Almería, para un instante del día determinado, tal y como muestra la figura 1. En dicha figura se observa que el perfil de radiación (1) en el centro llega a ser de 60 kW/m^2 , mientras que en la parte lateral del receptor es menor de 10 kW/m^2 . De esta forma, se pueden definir tres zonas de radiación baja (2), intermedia (3) y alta (4), que en esta figura hacen referencia a las zonas del perfil de radiación (1), y que luego han de corresponder con las mismas zonas del receptor (5).

En la figura 2 se observa una forma de realización preferente del receptor solar (5). Dicho receptor (5) de la radiación solar comprende una pluralidad de tubos por los cuales circulan dos fluidos distintos: un fluido de trabajo, que produce potencia al expandirse en la correspondiente turbina (32), y un fluido calorífico que sirve para acumulación de energía en distintos depósitos (9, 10, 11) de la instalación.

El receptor solar (5) presenta una configuración geométrica tal que los distintos tubos que por él discurren reciben radiación solar de distinta intensidad radiativa, debido a la distribución de la radiación que llega a este tras la reflexión en el colector. Así, hay un primer grupo de tubos que se ubica en una zona denominada de alta radiación (4); esta zona está caracterizada por que la intensidad radiativa en cada uno de sus puntos es mayor que la

intensidad radiativa en cualquier punto de otra zona del receptor. Un segundo grupo de tubos se ubica en una zona denominada de baja radiación (2), caracterizada por que la intensidad radiativa en cada uno de sus puntos es menor que la intensidad radiativa en cualquier punto de otra zona del receptor. Y un tercer grupo de tubos se ubica en una zona denominada de radiación intermedia (3), caracterizada por que la intensidad radiativa en cualquier de sus puntos es mayor que en cualquier punto de la zona de baja radiación (2), pero menor a la de cualquier punto de la zona de alta radiación (4). Como se aprecia en la figura 2, la zona de baja radiación (2) se encuentra en los extremos laterales del receptor (5), la zona de alta radiación (4) se encuentra en la parte central del receptor (5), y la zona de radiación intermedia (3) se encuentra entre la zona de alta radiación (4) y la zona de baja radiación (2).

Los tubos del receptor (5) tienen un diseño bien diferenciado para la zona de baja radiación (2) y las zonas de radiaciones intermedias y altas (3 y 4), puesto que por el primero pasa un fluido a muy alta presión (50-60 bar) frente a la presión ligeramente superior a la atmosférica del fluido calorífico en las zonas de radiación intermedia y alta (3 y 4). Ello quiere decir que una vez diseñado el receptor (5), el circuito de la zona de baja radiación (2) no puede ser modificado. Sin embargo, mediante unos colectores a la entrada y a la salida del receptor (5) para los otros dos tramos de calentamiento (temperatura intermedia y alta), y válvulas de tres vías, el circuito de media radiación se puede ensanchar a base de estrechar el de alta, y viceversa, almacenando un tipo u otro de energía según la radiación del momento del día.

Tal y como puede apreciarse en la figura 3, el montaje preferente de la invención conlleva la utilización de un ciclo de turbina de vapor especial en dos sentidos: por un lado se trata de un ciclo sin extracciones, luego mucho más sencillo que los ciclos instalados en el estado del arte actual, que tienen hasta seis extracciones regenerativas para ciclos de potencia que no sobrepasan los 50 MW. De esta manera la temperatura del fluido de trabajo al entrar en el receptor (5) es baja, lo que permite aprovechar la zona de baja radiación (2), con la que no se podría llegar a temperaturas de trabajo de fluidos caloríficos típicos como aceites sintéticos (300-400 °C) o sales fundidas (290-565 °C). Por otro lado, el condensador (13) y el calderín (12) del ciclo se utilizan como almacenamiento del fluido de trabajo en estado líquido que se quiera utilizar durante momentos del día sin radiación; en el caso de utilizar una turbina de vapor de agua convencional sin recalentamiento, esto se traduce en una media de 3,6 toneladas de agua por hora de almacenamiento y por MW de potencia nominal. La temperatura del condensador (13) es ligeramente superior a la del circuito

refrigerante (34), siendo la presión en el condensador (13) la de saturación a la temperatura del fluido de trabajo en dicho condensador (13). Por otro lado, la temperatura y presión en el calderín (12) están dados por el equilibrio térmico en la zona (2) del receptor (5) y en el evaporador (25), siendo la bomba (16) la encargada de bombear el fluido de trabajo líquido desde el condensador (13) al calderín (12) a través del receptor (5) en momentos de radiación, estando entonces las válvulas (14 y 15) abiertas.

El almacenamiento de fluido de trabajo en estado líquido saturado en calderín (12) y condensador (13) acarrea una complicación, pues sus presiones son muy diferentes a la atmosférica (en el caso de utilizar turbina de vapor de agua, alrededor de 50-90 bar el primero, y 0,1 bar el segundo), lo cual implica tensiones no despreciables en dichos elementos. Este almacenamiento de fluido de trabajo precalentado saturado a presión de trabajo no consiste únicamente en el almacenamiento del fluido a utilizar, sino que implica el 25-40% del almacenamiento térmico del total de la planta, dependiendo de la existencia o no de precalentamiento y de la presión de evaporación y la temperatura máxima; dicho almacenamiento térmico se consigue gracias a que no es necesario precalentar el fluido antes de evaporarlo en el ciclo de la turbina de vapor, lo cual conlleva una reducción en la cantidad de fluido calorífico (de mayor coste) necesario para almacenamiento de energía térmica del mismo orden. El hecho de que el almacenamiento de fluido de trabajo precalentado o tras la expansión sean almacenados en el calderín (12) o el condensador (13), respectivamente, no es arbitrario, sino que se trata de los dos elementos del ciclo en los que hay un equilibrio líquido-vapor y, por lo tanto, se puede variar el volumen de líquido sin necesidad de un gas que complete la zona no ocupada por el líquido en cada momento. En lo que se refiere al otro fluido que circula por el receptor, el fluido calorífico, se almacena según la primera variante de la invención (según se aprecia en la figura 4) en tres depósitos a diferentes temperaturas: un primer depósito de baja temperatura (9), a una temperatura ligeramente superior de la temperatura del calderín (12), un segundo depósito de temperatura intermedia (10), superior en un rango de entre 50 °C y 175 °C a la anterior y un tercer depósito de alta temperatura (11), a la temperatura máxima alcanzable por el fluido en las condiciones del año. El depósito de baja temperatura (9) debe tener capacidad para almacenar el fluido calorífico que cabe en el depósito de temperatura intermedia (10) y en el depósito de alta temperatura (11), puesto que el fluido calorífico de ambos depósitos (10 y 11) va a desembocar en el primero (9) tras ceder el calor en los correspondientes cambiadores de calores (17, 25 y 30), tal y como se observa en la figura 5. El fluido calorífico proveniente del depósito de alta temperatura (11) se utiliza, estando la válvula (28)

abierta, para ceder calor al vapor saturado proveniente del calderín (12) en el intercambiador de calor sobrecalentador (30), sobrecalentándolo antes de entrar a la turbina (32). El paso de vapor por el sobrecalentador está dado por la diferencia de presiones entre calderín (12) y condensador (13). Sí es necesaria, sin embargo, una válvula de cierre (31) para parar y regular la generación de potencia. El fluido calorífico cede calor sensible, enfriándose hasta su temperatura mínima (siempre que esta sea superior a la de evaporación en el calderín (12)), y siendo bombeado por la bomba (29) hacia el depósito de baja temperatura (9). En caso de utilizar sales fundidas como fluido calorífico y agua como fluido de trabajo, el calor específico aproximado del primero es de 1,5 kJ/kg·K, frente a un calor específico del vapor de agua que varía ostensiblemente según la temperatura, pero que se encuentra entre 2 y 4 kJ/kg·K. Adoptando un valor medio ponderado de 3 kJ/kg·K, como es el caso para una presión de 60 bar y una temperatura máxima del vapor sobrecalentado de 555 °C, y asumiendo que el incremento de temperaturas del vapor es parecido al descenso de temperaturas de las sales fundidas, resulta que el caudal de fluido calorífico es aproximadamente el doble del caudal de vapor. Para el caso de almacenamiento, esto implica que la masa de fluido calorífico almacenado para el sobrecalentamiento del vapor saturado será aproximadamente el doble del agua líquida precalentada almacenada en el calderín de nivel variable, es decir, unas 7,2 toneladas por MW y hora de almacenamiento. Al ser la densidad de las sales fundidas aproximadamente el doble que la del agua saturada a 300 °C, el anterior resultado implica unos volúmenes de almacenamiento parecidos para ambos fluidos. Evidentemente, en caso de optar por realizar un recalentamiento del vapor tras una primera expansión, el caudal de fluido calorífico es mayor en un factor superior a dos, siendo proporcionalmente más grande el tamaño del depósito de alta temperatura (11) que el de media (10). Sin embargo, dado que ello implicaría una mejora del rendimiento del ciclo de turbina de vapor, los volúmenes de almacenamiento necesarios por MW y hora de energía producida serían menores.

En cuanto a las sales fundidas almacenadas a temperatura intermedia, estas tienen un doble cometido:

Por un lado, proporcionan la energía sensible necesaria al fluido de trabajo precalentado en el receptor si a su salida no hubiese alcanzado la temperatura de saturación (intercambiador precalentador 17 en la figura 4); es decir, se trata de un uso exclusivo para momentos del día durante la carga en los que la energía concentrada en las zonas del receptor (5) de radiaciones intermedia y alta (3 y 4) sea proporcionalmente más grande que aquella que incide en la zona de baja radiación (2) con respecto a las condiciones de diseño. Al tratarse

de un uso ocasional en carga del almacenamiento, no puede estar acoplado al otro circuito del fluido a temperatura intermedia, siendo la válvula (22) la que permite o no el paso del fluido calorífico, que es bombeado por la bomba (23) desde el depósito de temperatura intermedia (10) a través del intercambiador de calor precalentador (17), donde cede calor al fluido de trabajo hasta su temperatura de saturación, hacia el depósito de baja temperatura (9). No se trata pues de parte del sistema de almacenamiento, puesto que el precalentamiento no tiene lugar cuando no hay radiación solar incidente en el receptor.

Por el otro lado, el fluido almacenado en el depósito de temperatura intermedia (10) tiene como misión fundamental evaporar el fluido de trabajo líquido saturado del calderín (12) en el intercambiador de calor evaporador (25) durante el modo de descarga, ver figura 5. El flujo de fluido de trabajo por el evaporador es forzado por una bomba (24), mientras que el flujo del fluido calorífico está controlado por una válvula de cierre (26) y una bomba (27). El caudal de fluido de trabajo por los intercambiadores de calor evaporador (25) y sobrecalentador (30) debe ser tal que la mezcla en el calderín (12) se mantenga a una presión (luego temperatura) constante pese a posibles cambios de nivel de líquido en carga y descarga. La relación de caudales máscicos de fluido calorífico que atraviesa el evaporador (25) y de agua que se evapora en este depende de la temperatura a la que se encuentre el fluido calorífico en el depósito intermedio (10). Teniendo en cuenta que la entalpía de evaporación del agua es aproximadamente 1500 kJ/kg a 290 °C y asumiendo de nuevo sales fundidas como fluido calorífico (calor específico de 1,5 kJ/kg·K), resulta que la masa de sales fundidas que debe pasar por el evaporador por kg de agua evaporada es $1000/\Delta T$, donde ΔT es la diferencia de temperaturas entre el depósito de temperatura intermedia (10) y el de baja temperatura (9). De esta manera, si se acepta una temperatura en el depósito de temperatura intermedia (10) 50 °C superior a la del depósito frío (9), resulta que la masa que hay que almacenar en el primero es 20 veces mayor a la masa de agua precalentada almacenada en el calderín (12). Si se opta por un diferencial de temperaturas mayor, por ejemplo 100 °C como se da en el almacenamiento de la planta de Andasol, una de las primeras plantas comerciales con almacenamiento térmico, construida en Granada (España), la masa de sales fundidas en dicho depósito es 10 veces superior a la del calderín de nivel variable (12), 36 toneladas por MW y hora de almacenamiento. El gradiente de temperatura máximo recomendado entre el depósito frío (9) y el de temperatura intermedia (10) es de 150 °C para esta variante, lo que conlleva una masa de almacenamiento en el depósito intermedio (10) de 6,7 veces la del calderín (12), puesto que de ser mayor, otra variante de la invención sería más apropiada a nivel de costes.

El circuito de carga del almacenamiento también está a tres niveles de radiación y temperatura, como se muestra en la figura 4. En momentos de carga las válvulas (14 y 15) están abiertas, permitiendo el bombeo de fluido de trabajo en estado líquido a la temperatura de condensación por la bomba (16). El fluido de trabajo pasa primeramente por los tubos más exteriores de la zona baja radiación (2), acercándose sucesivamente hacia sus tubos centrales a medida que su temperatura aumenta, y por un circuito que atraviesa el intercambiador de calor precalentador (17) hasta el calderín (12). El precalentador (17) se alimenta por el fluido calorífico a temperatura intermedia únicamente en caso de que la temperatura del fluido de trabajo a la salida de la zona de baja radiación (2) sea inferior en más de 5 °C a la temperatura de saturación a la presión del calderín (12). El flujo másico de fluido de trabajo por el circuito bombeado por la bomba (16) puede ser mayor, igual o menor al caudal másico de vapor por la turbina (32), dependiendo de la radiación solar existente en ese momento. En caso de no haber radiación, las válvulas (14 y 15) están cerradas, manteniendo la zona de baja radiación (2) presurizada. Las contracciones del fluido de trabajo al bajar su temperatura en ausencia de radiación son absorbidas por el vaso de expansión (33).

El tramo de captación de calor a temperatura y radiación intermedia consiste en el bombeo por medio de la bomba (19), previa apertura de la válvula de cierre (18), de fluido calorífico desde el depósito de baja temperatura (9) por la zona de radiación intermedia (3) del receptor (5), aumentando su temperatura hasta la temperatura intermedia del fluido, siendo llevado hacia el depósito de temperatura intermedia (10). Durante las horas del día sin radiación, la válvula (18) permanece cerrada, previo vaciado de los tubos del receptor, o se mantiene un flujo residual para evitar el enfriamiento del fluido por debajo de su temperatura mínima.

El tramo de captación de alta temperatura y radiación funciona de manera similar al anterior, abriendo la válvula (20) y haciendo que la bomba (21) bombee fluido calorífico desde el depósito de temperatura intermedia (10) hacia el de alta temperatura (11) a través de la zona de alta radiación (4), en la parte central del receptor (5). En las horas sin radiación se utiliza el mismo método que con la temperatura intermedia, bien sea el vaciado de los tubos del receptor o bien el mantenimiento de un flujo residual.

El volumen total de almacenamiento de fluido calorífico puede reducirse con una alternativa a la invención, que consiste en enfriar el fluido calorífico en el intercambiador sobrecalentador (30) únicamente hasta la temperatura del depósito intermedio (10), de manera que el último tramo de enfriamiento sea realizado en el evaporador (25), tal y como se observa en la figura 6. Es decir, estando la válvula (35) abierta, la bomba (36) bombea fluido calorífico desde el depósito de alta temperatura (11) al de temperatura intermedia (10) pasando por el sobrecalentador (30), funcionando el resto de la instalación (evaporación y precalentamiento) de igual manera que la primera descripción. Tanto el volumen del depósito de alta temperatura (11) como el del de temperatura intermedia (10) dependen de la temperatura del segundo. Si se asume que es 100 °C superior a la temperatura del depósito de baja temperatura (9), y se mantienen las suposiciones hechas en los ejemplos anteriores, resulta que la masa de sales fundidas necesaria para sobrecalentar un kg de vapor es algo superior a 3 kg, resultando un depósito de alta temperatura (11) con capacidad para 11,3 toneladas por MW y hora de almacenamiento aproximadamente (se supone sin recalentamiento), es decir, mayor que en la variante anterior. Por otro lado, la masa de fluido calorífico necesaria para evaporar un kg de agua es la misma que para la anterior variante a la invención, 10 kg, pero el tamaño del depósito será menor, puesto que el caudal que se circula por el intercambiador sobrecalentador (30) va a parar al depósito de temperatura intermedia (10). De esta manera la capacidad de dicho depósito (10) ha de ser $36-11,3=24,7$ toneladas por MW y hora de almacenamiento. Cuanto mayor sea la temperatura del depósito de temperatura intermedia (10), menor es su tamaño, a cambio de un mayor tamaño del depósito de alta temperatura (11).

El caso límite se produce para una temperatura tal que el volumen del depósito de temperatura intermedia (10) es nulo. Esto tiene lugar cuando el caudal de fluido calorífico necesario en el intercambiador sobrecalentador (30) es el mismo que en el intercambiador evaporador (25), lo cual equivale, para el ejemplo anterior, a una temperatura de entrada del fluido calorífico al intercambiador evaporador (25) 175 °C superior a la del depósito de baja temperatura (9). Esto lleva a una tercera variante a la invención, que se aprecia en la figura 7, que consiste en la instalación de dos únicos depósitos, además del condensador (13) y del calderín (12) de alturas variables: un depósito de baja temperatura (9) y uno de alta temperatura (11), de igual tamaño. Según esta variante, cuando la válvula de cierre (37) está abierta, la bomba (38) fuerza el paso de fluido calorífico primero desde el depósito de alta temperatura (11) por el intercambiador sobrecalentador (30) y después por el intercambiador evaporador (25), siendo conducido al depósito de baja temperatura (9). Ello

reduce la masa de fluido calorífico que debe ser almacenada con respecto a las anteriores variantes, siendo aproximadamente 5,5 veces superior a la masa de agua precalentada almacenada en el calderín (12); es decir, aproximadamente 19,8 toneladas por MW y hora de almacenamiento. Sin embargo, toda esta masa debe ser almacenada a su temperatura máxima, lo cual empeora la eficiencia del receptor en la captación de calor con respecto a las otras variantes.

Los beneficios de cada variante de la invención en términos de pérdidas exergéticas pueden observarse en la figura 8. En ella se aprecia la distancia entre la línea de precalentamiento, evaporación y sobrecalentamiento del fluido de trabajo (43) con la línea de enfriamiento del fluido calorífico según las diferentes alternativas para cederle calor (45, 46, 47 y 48) en un diagrama temperatura vs calor intercambiado. A mayor separación entre línea de calentamiento de fluido de trabajo y línea de enfriamiento del fluido calorífico, mayores pérdidas exergéticas. Como base comparativa puede suponerse que el fluido calorífico es el encargado de realizar todo el calentamiento, desde el precalentamiento hasta el sobrecalentamiento, como muestra la línea superior (44), con lo que son necesarias 30 toneladas de fluido calorífico por MW y hora de almacenamiento según las suposiciones anteriores. Este sería el caso del estado del arte, como la mencionada planta solar Andasol, con la diferencia de que el bloque de potencia de esa planta tiene seis extracciones y un recalentamiento, entrando el agua bastante precalentada a los intercambiadores con el fluido calorífico, lo que reduce el consumo de sales fundidas. La invención aquí descrita implica un precalentamiento directo del fluido de trabajo hasta la temperatura de evaporación, con lo que todas las alternativas reducen de esta forma las pérdidas exergéticas. En la primera alternativa hay una zona de evaporación con fluido calorífico, que va desde la temperatura intermedia hasta la baja, línea (45), y una zona de sobrecalentamiento, en la que el fluido calorífico disminuye su temperatura desde la máxima hasta la mínima, línea (46). En la segunda alternativa la única diferencia es que el sobrecalentamiento se produce con una disminución de la temperatura desde la máxima hasta la intermedia, línea (48). Finalmente, en la tercera variante, el mismo caudal de fluido calorífico pasa por el sobrecalentador y por el evaporador, siendo la línea de enfriamiento la continuación una de otra, línea (47). Cuanto mayor distancia hay entre la línea de enfriamiento del fluido calorífico y la línea de calentamiento del fluido de trabajo, mayores son las pérdidas exergéticas. De esta manera, se observa que las variantes de la invención que implican un menor uso total de fluido calorífico son aquellas que tienen más pérdidas exergéticas, lo que se traduce en un peor rendimiento global del sistema.

El porcentaje de energía total que debe ser absorbida en cada zona depende de las características de diseño del ciclo de turbina de vapor, es decir, de la temperatura de refrigeración (34), la presión del calderín (12), la temperatura de entrada a la turbina y la existencia o no de un recalentamiento intermedio; así como de las características de diseño del almacenamiento, que vienen a ser la variante de la invención elegida y las temperaturas de cada uno de los depósitos de almacenamiento de fluido calorífico.

La zona de baja radiación (2) del receptor (5) debe absorber la energía necesaria para calentar el fluido de trabajo desde la temperatura en el condensador (13) hasta la temperatura en el calderín (12). Esto implica entre un 25% y un 40% de la energía total que debe absorber el fluido de trabajo, admitiendo que es agua y que la temperatura máxima varía entre 390 °C y 555 °C, con o sin recalentamiento. De esta manera, la anchura de la zona de baja radiación (2) debe ser tal que la energía incidente esté en ese rango de porcentaje con respecto a la energía total incidente en el receptor (5).

La anchura de la zona de radiación intermedia (3) del receptor (5) depende no solo de la configuración del ciclo de turbina de vapor, sino también de la variante de la invención. En cualquier caso, el porcentaje de energía necesario para sobrecalentar el fluido de trabajo con respecto a la energía total absorbida por este está en el rango del 13% al 24% si no hay recalentamiento, y del 18% al 37% si sí lo hay, ambos para el rango de temperaturas máximas de 380 °C a 555 °C. Sin embargo, en caso de utilizar la variante de la invención observada en la figura 3, dado que el fluido calorífico es calentado en la zona de alta radiación (4) únicamente desde la temperatura del depósito de temperatura intermedia (10) hasta la del depósito de alta temperatura (11), mientras que en el enfriamiento en el intercambiador sobrecalentador (30) se enfría hasta la temperatura del depósito de baja temperatura (9), el porcentaje de energía que ha de ser absorbido en la zona de alta radiación (4) puede ser menor que el porcentaje de energía necesario para sobrecalentar. En caso de utilizar otra variante de la invención, estos números coincidirían. De ello se deduce que la anchura de la zona de alta radiación (4) del receptor (5) debe ser tal que la energía absorbida en dicha zona sea entre el 5% y el 35% de la energía total absorbida en el receptor (5).

La presente invención no debe considerarse limitada por la forma de realización particular aquí descrita. Los expertos en la materia pueden ser capaces de obtener otras configuraciones a la vista de la presente descripción. Por tanto, el ámbito de protección de la invención queda definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1 – Central termosolar de concentración, que sigue un ciclo de potencia de fluido condensable y comprende:

- una turbina de vapor (32) y una bomba hidráulica (16);
- 5 - un receptor multitubo (5) de radiación solar;
- un calderín (12) de nivel variable, que hace las veces de calderín del ciclo y de almacenamiento de un fluido de trabajo saturado a la presión de evaporación del ciclo;
- un condensador (13) de nivel variable, que hace las veces de condensador del ciclo y de almacenamiento del fluido de trabajo saturado a la presión de condensación del ciclo;
- 10 - un sistema de almacenamiento de energía térmica en un fluido calorífico con al menos dos niveles de temperatura, con un depósito (9) de baja temperatura y otro depósito (11) de alta temperatura;
- al menos tres intercambiadores de calor del fluido calorífico con el fluido de trabajo: un precalentador (17), un evaporador (25) y un sobrecalentador (30);
- 15 existiendo una pluralidad de conexiones hidráulicas entre los anteriores elementos, **caracterizada por que:**
- por el receptor multitubo (5) circulan dos fluidos distintos, un fluido de trabajo, que produce potencia al expandirse en la turbina (32), y un fluido calorífico que sirve para acumulación de energía en distintos depósitos (9 y 11) de la instalación;
- 20 - y el receptor (5) consta de tres zonas de concentración de la radiación:
 - una primera zona de baja radiación (2), de manera que la intensidad radiativa en cada uno de sus puntos es menor que en cualquier punto del receptor (5) no perteneciente a la zona de baja radiación (2);
 - una segunda zona de alta radiación (4), tal que la intensidad radiativa en cada uno de sus puntos es mayor que en cualquier punto del receptor (5) no perteneciente a la zona de alta radiación (4);
 - 25 sus puntos es mayor que en cualquier punto del receptor (5) no perteneciente a la zona de alta radiación (4);
 - y una tercera zona de radiación intermedia (3) entre la zona de baja radiación (2) y la zona de alta radiación (4), de modo que la intensidad radiativa en cualquiera de sus puntos es mayor a la intensidad radiativa en cualquiera de los puntos de la zona de baja radiación (2), pero menor que en los de la zona de alta radiación (4);
 - 30 radiación (2), pero menor que en los de la zona de alta radiación (4);
- por los tubos de la zona de baja radiación (2) circula el fluido de trabajo, y por los tubos de la zona de alta radiación (4) y de la zona de radiación intermedia (3) circula el fluido calorífico, de modo que:

- por la zona (2) de baja radiación del receptor (5) circula el fluido de trabajo en estado líquido a la presión de evaporación del ciclo, aumentando su temperatura hasta, como máximo, la temperatura de saturación a dicha presión;
- por las zonas de radiación intermedia (3) y alta (4) del receptor (5) circula fluido calorífico, aumentando su temperatura hasta su máxima temperatura de trabajo para las concentraciones máximas de la época del año dada.

2 – Central termosolar de concentración según la reivindicación 1, caracterizada por que

- la zona de baja radiación (2) se encuentra en los laterales del receptor (5);
- la zona de alta radiación (4) se encuentra en la zona central del receptor (5); y
- la zona de radiación intermedia (3) se encuentra entre la zona de baja radiación (2) y la zona de alta radiación (4).

3 – Central termosolar de concentración según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que comprende unas válvulas (14 y 15) y un vaso de expansión (33) en el circuito de la zona de baja radiación (2) del receptor (5), de forma que

- las válvulas (14 y 15) se abren y cierran y la bomba hidráulica (16) se activa y desactiva en función de la radiación recibida en la zona de baja radiación (2) del receptor (5);
- el vaso de expansión (33) permite las expansiones y contracciones del fluido de trabajo en el circuito debido a cambios de temperatura en caso de estar las válvulas (14 y 15) cerradas.

4 – Central termosolar de concentración según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que existe, al menos, un depósito (10) de almacenamiento de fluido calorífico, a una temperatura intermedia entre las temperaturas del primer depósito (9) y del segundo depósito (11) de almacenamiento del fluido calorífico.

5 – Central termosolar de concentración según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que comprende:

- una pluralidad de válvulas de corte o cierre (14, 15, 31, 37, 39 y 41) en los diversos circuitos de conexión entre los dos depósitos de almacenamiento (9 y 11) y el calderín (12), la turbina (32), el condensador (13) y la bomba (16) del condensado, y el receptor (5) y los intercambiadores de calor (17, 25 y 30);

- una pluralidad de bombas de impulsión de caudal (24, 38, 40 y 42);

de manera que dichas válvulas (14, 15, 31, 37, 39 y 41) y dichas bombas (24, 38, 40 y 42) se activan y se desactivan en función de la radiación recibida en cada zona (2, 3 y 4) del receptor (5) en función de la radiación recibida.

5

6 – Central termosolar de concentración según la reivindicación 4, caracterizada por que comprende:

- una pluralidad de válvulas de corte o cierre (14, 15, 18, 20, 22, 26, 28, 31 y 35) en los diversos circuitos de conexión entre los tres depósitos de almacenamiento (9, 10 y 11) y el calderín (12), la turbina (32), el condensador (13) y la bomba (16) del condensado, y el receptor (5) y los intercambiadores de calor (17, 25 y 30);

10

- una pluralidad de bombas de impulsión de caudal (19, 21, 23, 24, 27, 29 y 36);

de manera que dichas válvulas (14, 15, 18, 20, 22, 26, 28, 31 y 35) y dichas bombas (19, 21, 23, 24, 27, 29 y 36) se activan y se desactivan en función de la radiación recibida en cada zona (2, 3 y 4) del receptor (5) en función de la radiación recibida.

15

7 – Procedimiento de operación de una central termosolar de concentración según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que cuando la radiación en la zona de baja radiación (2) del receptor (5) hace alcanzar una temperatura en el fluido de trabajo de, al menos, 100 °C por debajo de la temperatura en el calderín (12), y siempre que el condensador (13) no esté vacío y que el calderín (12) no esté lleno, el fluido de trabajo es presurizado desde la presión de condensación en el condensador (13) hasta la presión de evaporación en el calderín (12), siendo bombeado a dicha presión en estado líquido desde el condensador (13) hasta el calderín (12) por el circuito de la zona de baja radiación (2) del receptor (5).

20

25

8 – Procedimiento de operación de una central termosolar de concentración según la reivindicación 7 caracterizado por que:

cuando la temperatura alcanzada por el fluido de trabajo en el circuito de la zona de baja radiación (2) del receptor (5) es menor que la de saturación a la presión del calderín (12), se bombea fluido calorífico desde el tanque de alta temperatura (11) hacia el tanque de baja temperatura (9) por el intercambiador de calor precalentador (17), donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta alcanzar la temperatura del tanque (9);

30

y el fluido de trabajo circula en estado líquido desde la zona de baja radiación (2) del receptor (5) hacia el calderín (12) por el precalentador (17), donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico aumentando su temperatura hasta la temperatura del calderín (12), que es la temperatura de saturación a la presión de evaporación del ciclo.

5

9 – Procedimiento de operación de una central termosolar de concentración según la reivindicación 7 caracterizado por que:

cuando la temperatura alcanzada por el fluido de trabajo en el circuito de la zona de baja radiación (2) del receptor (5) es menor que la de saturación a la presión del calderín (12), se
10 bombea fluido calorífico desde el tanque temperatura intermedia (10) hacia el tanque de baja temperatura (9) por el intercambiador de calor precalentador (17), donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta alcanzar la temperatura del tanque (9);

y el fluido de trabajo circula en estado líquido desde la zona de baja radiación (2) del receptor (5) hacia el calderín (12) por el precalentador (17), donde absorbe el calor cedido
15 por el fluido calorífico aumentando su temperatura hasta la temperatura del calderín (12), que es la temperatura de saturación a la presión de evaporación del ciclo.

10 – Procedimiento de operación de una central termosolar de concentración según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8 caracterizado por que cuando la radiación en la
20 zona de radiaciones intermedia (3) y alta (4) del receptor (5) aumenta hasta que el fluido calorífico alcanza la temperatura del tanque de almacenamiento de alta temperatura (11), y siempre que el tanque de baja temperatura (9) no esté vacío y que el tanque de alta temperatura (11) no esté lleno, el fluido calorífico es bombeado desde el tanque de baja temperatura (9), circulando primero por el circuito de la zona de radiación intermedia (3) del
25 receptor (5) y después por el circuito de la zona de alta radiación (4) del receptor (5), hasta el tanque de alta temperatura (11).

11 – Procedimiento de operación de una central termosolar de concentración según cualquiera de las reivindicaciones 7 o 9 caracterizado por que:

30 - cuando la radiación en la zona de radiación intermedia (3) del receptor (5) aumenta hasta que el fluido calorífico alcanza la temperatura del tanque de almacenamiento de temperatura intermedia (10), y siempre que el tanque de baja temperatura (9) no esté vacío y que el tanque de temperatura intermedia (10) no esté lleno, el fluido calorífico es

bombeado desde el tanque de baja temperatura (9), circulando por el circuito de la zona de radiación intermedia (3) del receptor (5) hasta el tanque de temperatura intermedia (10);

- cuando la radiación en la zona de alta radiación (4) del receptor (5) aumenta hasta que el fluido calorífico alcanza la temperatura del tanque de almacenamiento de alta temperatura (11), y siempre que el tanque de temperatura intermedia (10) no esté vacío y que el tanque de alta temperatura (11) no esté lleno, el fluido calorífico es bombeado desde el tanque de temperatura intermedia (10), circulando por el circuito de la zona de alta radiación (4) del receptor (5), hasta el tanque de alta temperatura (11).

10

12 – Procedimiento de operación de una central termosolar de concentración según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11 caracterizado por que:

cuando se requiere el funcionamiento de la central para generación de potencia, y siempre que

- el tanque de alta temperatura (11) contenga fluido calorífico,
- el calderín (12) contenga fluido de trabajo,
- el tanque de baja temperatura (9) no esté lleno de fluido calorífico
- el condensador (13) no esté lleno de fluido de trabajo,

entonces

- el fluido calorífico es impulsado desde el tanque de alta temperatura (11) hacia el de baja temperatura (9) pasando primero por el intercambiador sobrecalentador (30) y después por el intercambiador de calor evaporador (25), donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta la del tanque (9);
- el fluido de trabajo en estado líquido saturado es impulsado desde el calderín (12) por el evaporador (25), donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico evaporándose parcialmente, volviendo el fluido de trabajo al calderín (12) en estado de mezcla líquido-vapor a la misma presión y temperatura;
- el fluido de trabajo en estado de vapor saturado circula desde el calderín (12) por el sobrecalentador (30), donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico aumentando su temperatura a presión aproximadamente constante hasta una temperatura entre 30 °C y 5 °C inferior a la temperatura del tanque caliente (11); circulando el fluido de trabajo en forma de vapor sobrecalentado después por la turbina (32), donde baja su presión y temperatura cediendo energía a la turbina (32); y desembocando el fluido de trabajo a la

temperatura y presión de condensación en el condensador (13), donde es condensado y almacenado en forma de líquido saturado.

13 – Procedimiento de operación de una central termosolar de concentración según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11 caracterizado por que

cuando se requiere el funcionamiento de la central para generación de potencia, y siempre que

- los tanques de temperatura intermedia (10) y alta (11) contengan fluido calorífico,
- el calderín (12) contenga fluido de trabajo,
- los tanques de temperatura baja (9) e intermedia (10) no estén llenos de fluido calorífico,
- el condensador (13) no esté lleno de fluido de trabajo,

entonces:

- el fluido calorífico es impulsado desde el tanque de temperatura intermedia (10) hacia el de baja temperatura (9) por el intercambiador de calor evaporador (25), donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta la del tanque (9);
- el fluido de trabajo en estado líquido saturado es impulsado desde el calderín (12) por el evaporador (25), donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico evaporándose parcialmente, volviendo el fluido de trabajo al calderín (12) en estado de mezcla líquido-vapor a la misma presión y temperatura;
- el fluido calorífico es impulsado desde el tanque de alta temperatura (11) hacia el de baja temperatura (9) por el intercambiador de calor sobrecalentador (30), donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta la del tanque (10);
- el fluido de trabajo en estado de vapor saturado circula desde el calderín (12) por el sobrecalentador (30), donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico aumentando su temperatura a presión aproximadamente constante hasta una temperatura entre 30 °C y 5 °C inferior a la temperatura del tanque caliente (11); circulando el fluido de trabajo en forma de vapor sobrecalentado después por la turbina (32), donde baja su presión y temperatura cediendo energía a la turbina (32); y desembocando el fluido de trabajo a la temperatura y presión de condensación en el condensador (13), donde es condensado y almacenado en forma de líquido saturado.

14 – Procedimiento de operación de una central termosolar de concentración según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11 caracterizado por que

cuando se requiere el funcionamiento de la central para generación de potencia, y siempre que

- los tanques de temperatura intermedia (10) y alta (11) contengan fluido calorífico,
- el calderín (12) contenga fluido de trabajo,
- 5 - los tanques de temperatura baja (9) e intermedia (10) no estén llenos de fluido calorífico,
- el condensador (13) no esté lleno de fluido de trabajo,

entonces:

- el fluido calorífico es impulsado desde el tanque de temperatura intermedia (10) hacia el de baja temperatura (9) por el intercambiador de calor evaporador (25), donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta la del tanque (9);
- 10 - el fluido de trabajo en estado líquido saturado es impulsado desde el calderín (12) por el evaporador (25), donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico evaporándose parcialmente, volviendo el fluido de trabajo al calderín (12) en estado de mezcla líquido-vapor a la misma presión y temperatura;
- 15 - el fluido calorífico es impulsado desde el tanque de alta temperatura (11) hacia el de temperatura intermedia (10) por el intercambiador de calor sobrecalentador (30), donde cede calor disminuyendo su temperatura hasta la del tanque (10);
- el fluido de trabajo en estado de vapor saturado circula desde el calderín (12) por el sobrecalentador (30), donde absorbe el calor cedido por el fluido calorífico aumentando
- 20 su temperatura a presión aproximadamente constante hasta una temperatura entre 30 °C y 5 °C inferior a la temperatura del tanque caliente (11); circulando el fluido de trabajo en forma de vapor sobrecalentado después por la turbina (32), donde baja su presión y temperatura cediendo energía a la turbina (32); y desembocando el fluido de trabajo a la temperatura y presión de condensación en el condensador (13), donde es condensado y
- 25 almacenado en forma de líquido saturado.

DIBUJOS

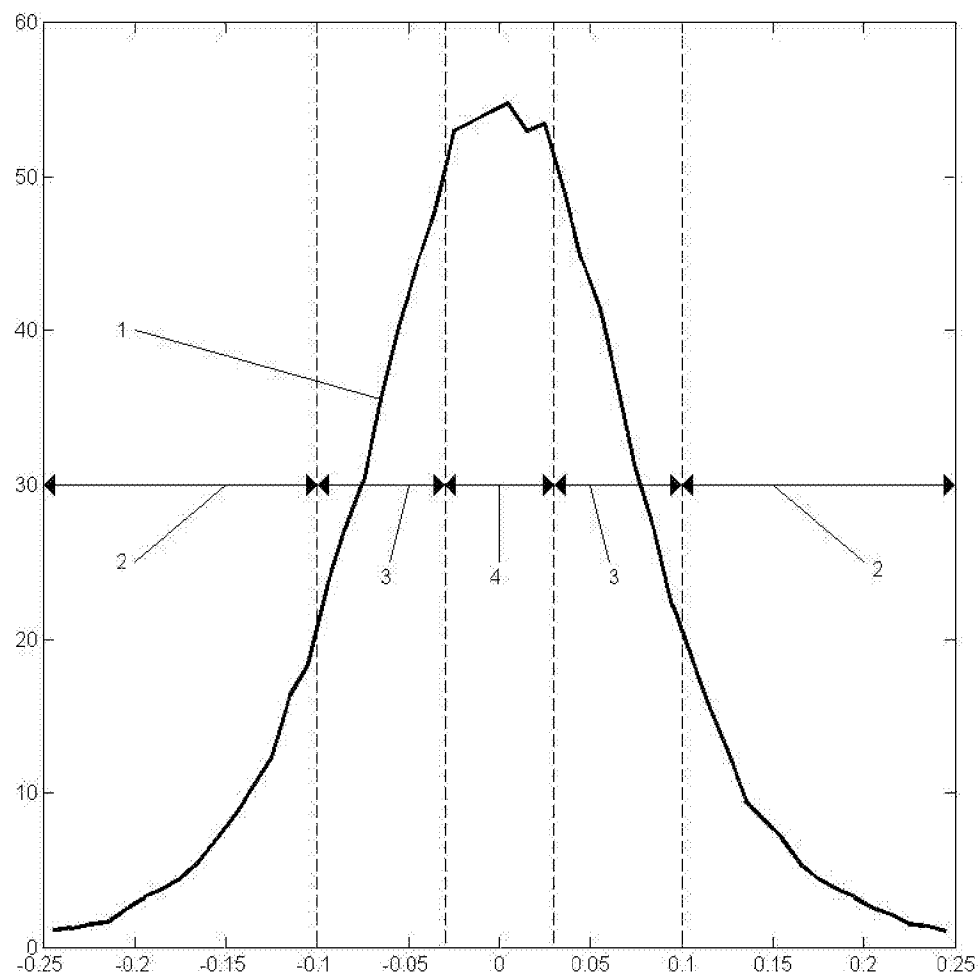


Figura 1

2/5

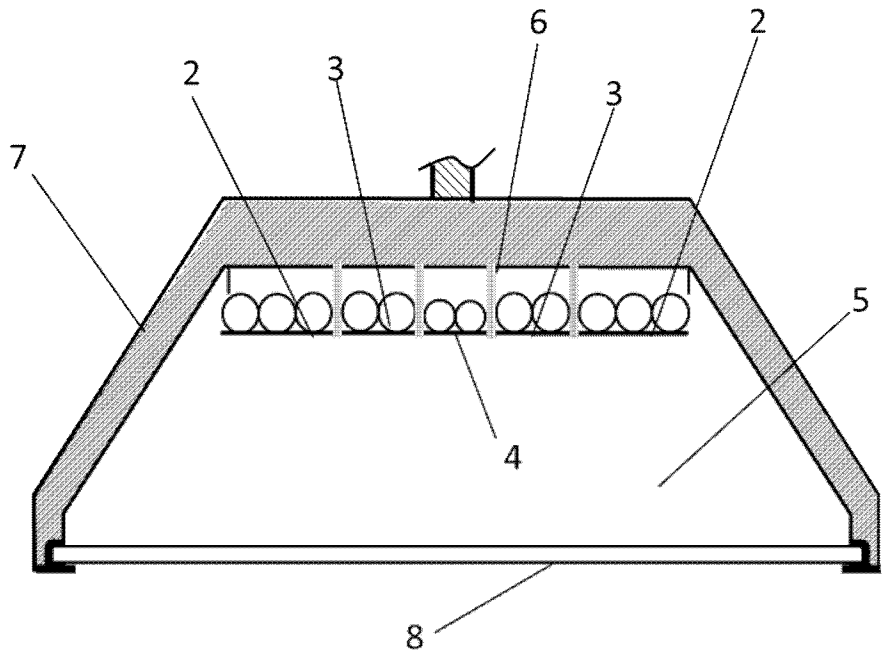


Figura 2

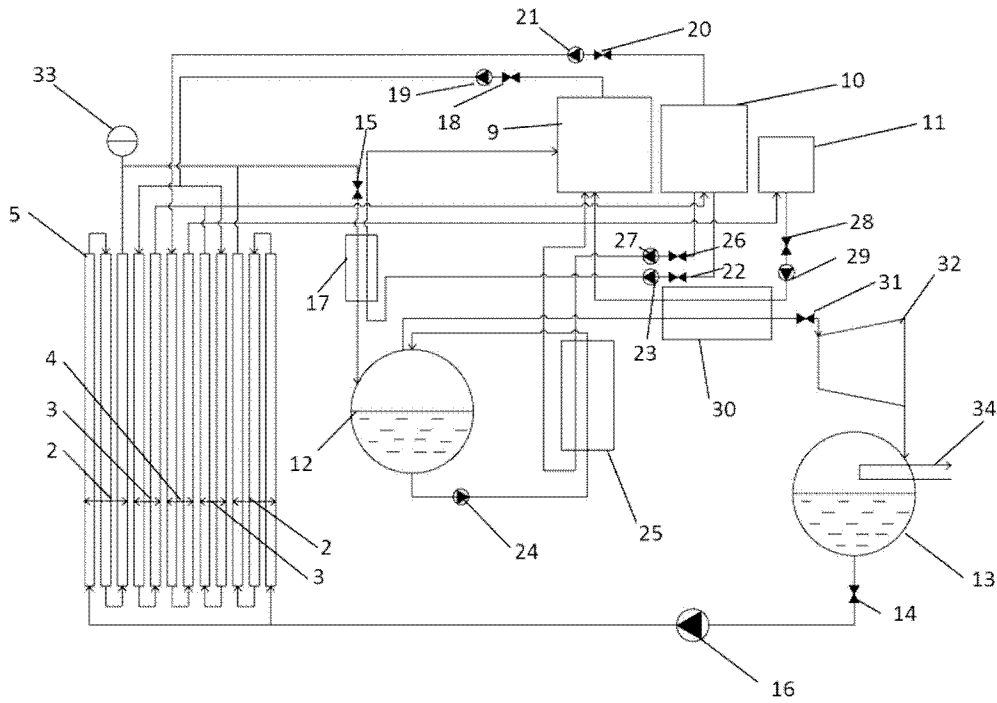


Figura 3

3/5

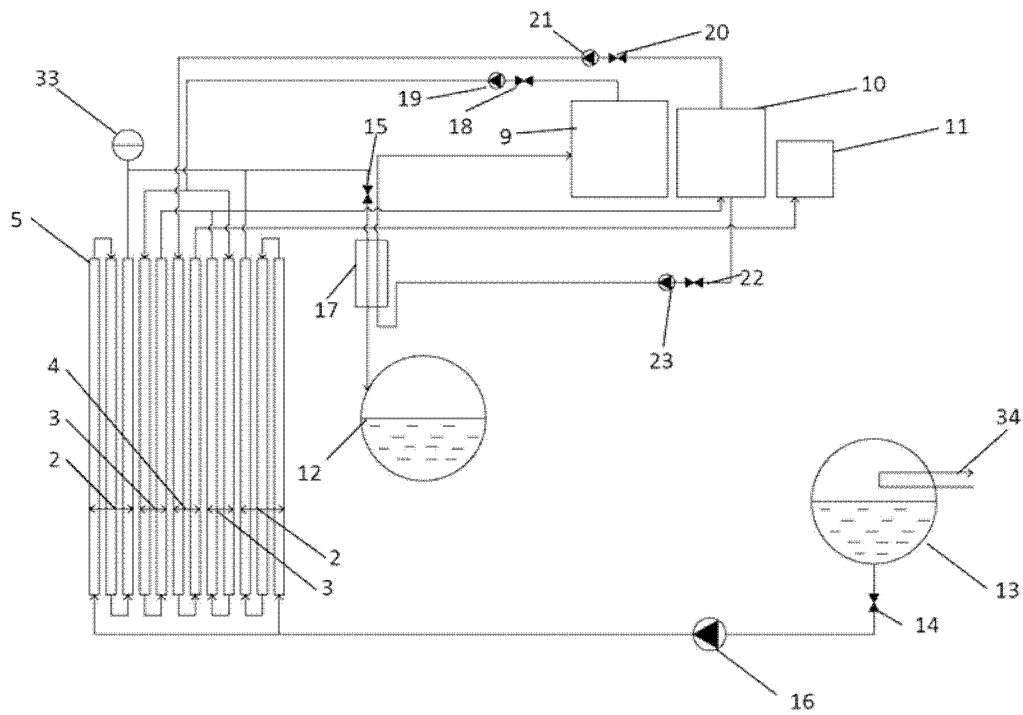


Figura 4

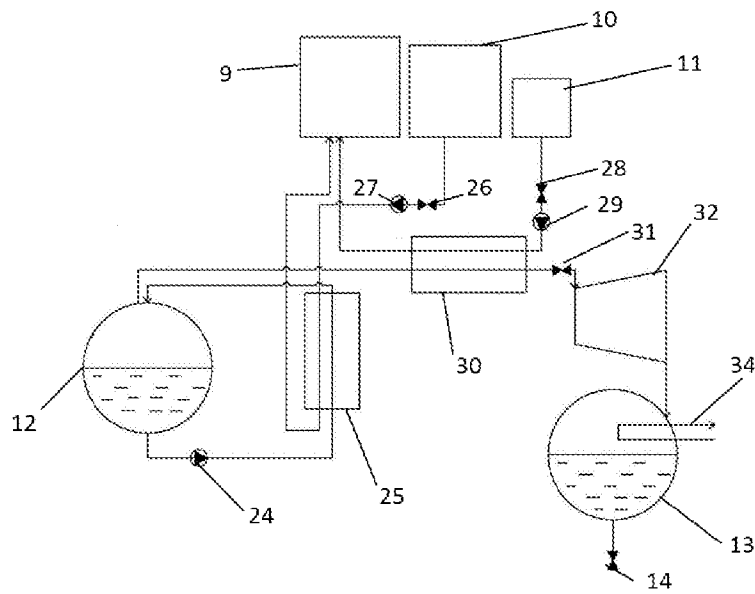


Figura 5

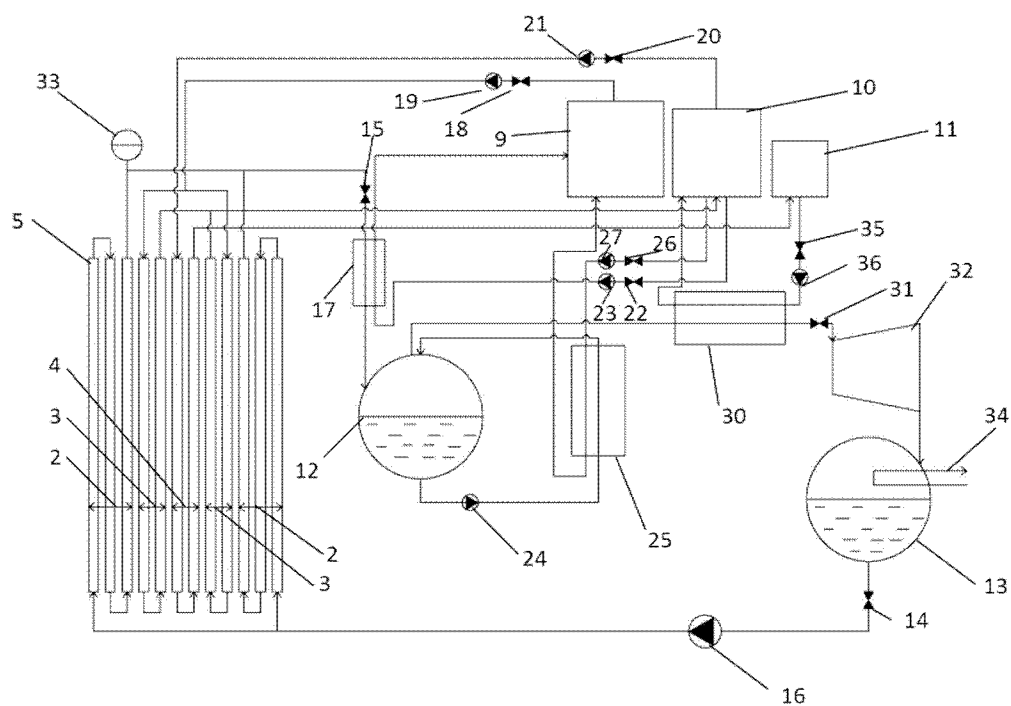


Figura 6

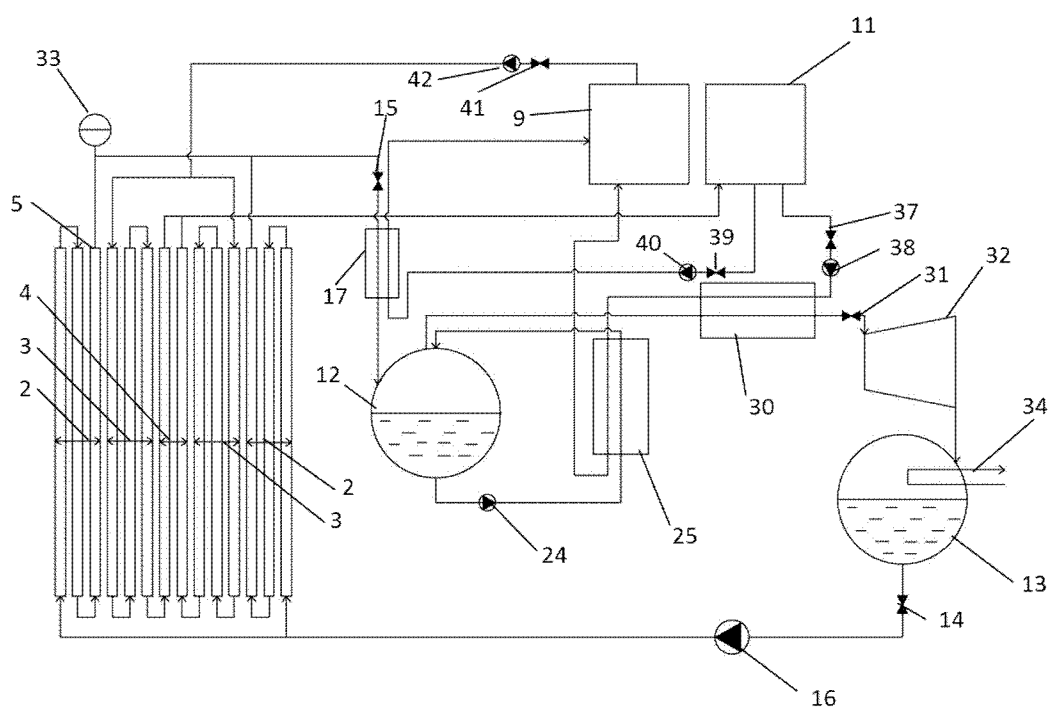


Figura 7

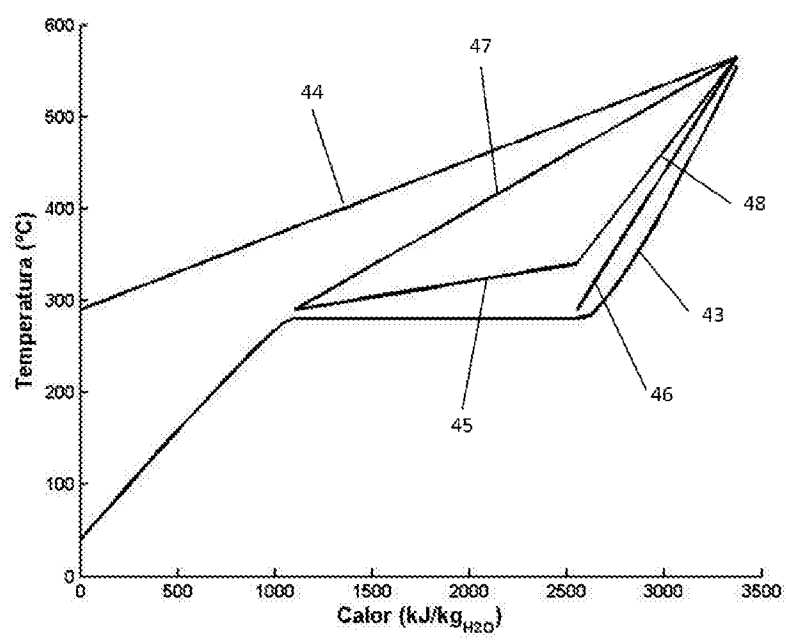


Figura 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2014/070507

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01K3/12 (2006.01)

F03G6/06 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01K, F03G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2525051 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD) 21/11/2012, paragraphs [26 - 36]; figure 2.	1,7
A	CA 1236699 A1 (ORMAT TURBINES) 17/05/1988, page 4, lines 11 - 22; page 6, line 5 - page 7, line 18; figure 1.	1,7
A	US 2013047611 A1 (BRUECKNER JAN ET AL.) 28/02/2013, paragraphs [2], [29 - 36]; figures.	1,7
A	US 2011209474 A1 (LEIBOWITZ HERMAN) 01/09/2011, paragraphs [42 - 65]; figures.	1,7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15/09/2014

Date of mailing of the international search report
(16/09/2014)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer
E. García Lozano

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Telephone No. 91 3496863

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2014/070507

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP2525051 A1	21.11.2012	US2014075939 A1 CN103562503 A WO2012159924 A1	20.03.2014 05.02.2014 29.11.2012
-----	-----	-----	-----
CA1236699 A1	17.05.1988	CA1256707 A2 US4760705 A CA1256707 C AU2890984 A IL71962 A DE3420293 A1 DE3420293 C2	04.07.1989 02.08.1988 04.07.1989 06.12.1984 12.05.1991 21.02.1985 28.10.1993
-----	-----	-----	-----
US2013047611 A1	28.02.2013	WO2011138215 A2 WO2011138215 A3 EP2567090 A2 CN102884317 A DE102010027226 A1	10.11.2011 15.03.2012 13.03.2013 16.01.2013 10.11.2011
-----	-----	-----	-----
US2011209474 A1	01.09.2011	NZ591526 A WO2010022184 A2 WO2010022184 A3 EP2318711 A2 AU2009282872 A1	31.05.2013 25.02.2010 17.03.2011 11.05.2011 25.02.2010
-----	-----	-----	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2014/070507

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

F01K3/12 (2006.01)

F03G6/06 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F01K, F03G

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, INVENES

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	EP 2525051 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD) 21/11/2012, párrafos [26 - 36]; figura 2.	1,7
A	CA 1236699 A1 (ORMAT TURBINES) 17/05/1988, página 4, líneas 11 - 22; página 6, línea 5 - página 7, línea 18; figura 1.	1,7
A	US 2013047611 A1 (BRUECKNER JAN ET AL.) 28/02/2013, párrafos [2], [29 - 36]; figuras.	1,7
A	US 2011209474 A1 (LEIBOWITZ HERMAN) 01/09/2011, párrafos [42 - 65]; figuras.	1,7

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.	
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.	

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
15/09/2014

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
16 de septiembre de 2014 (16/09/2014)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
E. García Lozano
Nº de teléfono 91 3496863

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES2014/070507

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
EP2525051 A1	21.11.2012	US2014075939 A1 CN103562503 A WO2012159924 A1	20.03.2014 05.02.2014 29.11.2012
-----	-----	-----	-----
CA1236699 A1	17.05.1988	CA1256707 A2 US4760705 A CA1256707 C AU2890984 A IL71962 A DE3420293 A1 DE3420293 C2	04.07.1989 02.08.1988 04.07.1989 06.12.1984 12.05.1991 21.02.1985 28.10.1993
-----	-----	-----	-----
US2013047611 A1	28.02.2013	WO2011138215 A2 WO2011138215 A3 EP2567090 A2 CN102884317 A DE102010027226 A1	10.11.2011 15.03.2012 13.03.2013 16.01.2013 10.11.2011
-----	-----	-----	-----
US2011209474 A1	01.09.2011	NZ591526 A WO2010022184 A2 WO2010022184 A3 EP2318711 A2 AU2009282872 A1	31.05.2013 25.02.2010 17.03.2011 11.05.2011 25.02.2010
-----	-----	-----	-----