



(51) Clasificación Internacional de Patentes:
F28D 20/02 (2006.01) *F24J 2/00* (2014.01)
F01K 3/00 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2014/070520

(22) Fecha de presentación internacional:
26 de junio de 2014 (26.06.2014)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201331108 22 de julio de 2013 (22.07.2013) ES

(71) Solicitantes: **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID** [ES/ES]; OTRI - Vicerrectorado de Investigación, Calle Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA** [ES/ES]; Calle Bravo Murillo, 38 Planta 4ª, Otri - Uned, E-28015 Madrid (ES).

(72) Inventores: **VALDÉS DEL FRESNO, Manuel**; Universidad Politécnica de Madrid, OTRI - Vicerrectorado de Investigación, Calle Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **MARTÍNEZ-VAL PEÑALOSA, José María**; Universidad Politécnica de Madrid, OTRI - Vicerrectorado de Investigación, Calle Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **AMENGUAL MATAS, Rafael Rubén**; Universidad Politécnica de Madrid, OTRI - Vicerrectorado de Investigación, Calle Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **ROVIRA DE ANTONIO, Antonio**; Calle Bravo Murillo, 38 Planta 4ª, Otri - Uned, E-28015 Madrid (ES). **ABBAS CÁMARA, Rubén**; Universidad Politécnica de Madrid, OTRI - Vicerrectorado de Investigación, Calle Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES).

(81) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: METHOD FOR ACCUMULATING HEAT ENERGY IN A DEVICE WITH CONDENSABLE FLUID

(54) Título : PROCEDIMIENTO DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA EN UN DISPOSITIVO CON FLUIDO CONDENSABLE

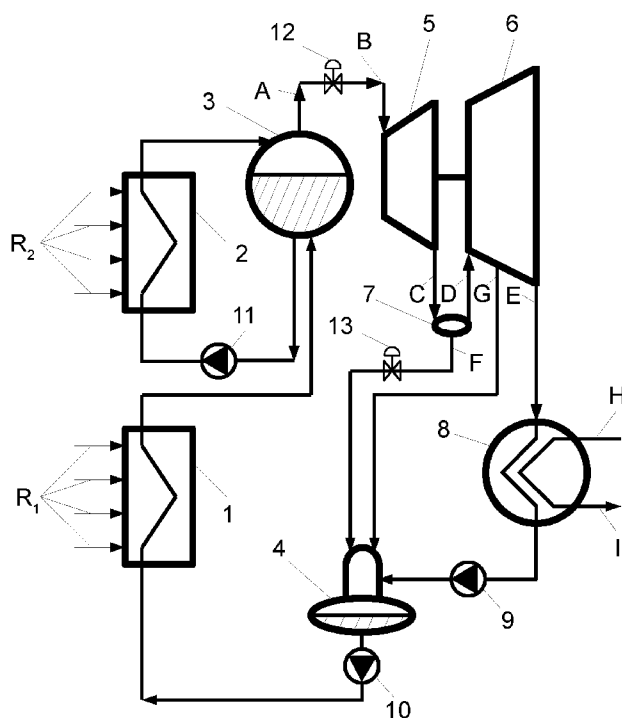


Figura 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for accumulating thermosolar energy, comprising: an energy charging phase wherein a condensable fluid receives thermosolar heat and accumulates in a hot tank (3), the pressure and temperature of which increases as it fills with fluid with a liquid-steam balance; and an energy discharging phase wherein the pressure and the temperature decrease as the steam is sent from the hot tank (3) to the high-pressure (5) and low-pressure (6) bodies of a turbine, after which the fluid accumulates in a cold tank (4). The device used to implement said method has a control system that acts on a valve (12) which allows the generated power to be maintained constant.

(57) Resumen: Procedimiento de acumulación de energía termosolar, que comprende una fase de carga de energía, en la que un fluido condensable recibe calor de origen termosolar y se acumula en un calderín caliente (3), que aumenta de presión y temperatura a medida que se llena de fluido en equilibrio líquido-vapor; y una fase de descarga de energía,

[Continúa en la página siguiente]



GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible):*
ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW,

Publicada:

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

en la que la presión y la temperatura disminuyen al enviarse el vapor del calderín caliente (3) a los cuerpos de alta presión (5) y baja presión (6) de una turbina, tras lo cual el fluido se acumula en un calderín frío (4). El dispositivo empleado para implementar el citado procedimiento tiene un sistema de control que actúa sobre una válvula (12) que permite mantener constante la potencia producida.

**PROCEDIMIENTO DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA EN UN
DISPOSITIVO CON FLUIDO CONDENSABLE**

5

DESCRIPCIÓN

Sector de la técnica

El sector de la técnica al que pertenece la invención es el de las centrales
10 termosolares de generación de electricidad por medio de un ciclo termodinámico que
utiliza como fluido de trabajo uno de naturaleza condensable, con cambios de fase de
líquido a vapor y de vapor a líquido. Más concretamente, la invención se encuadra en
el campo de las centrales termosolares dotadas de un sistema de almacenamiento,
cuyo objetivo es aumentar la disponibilidad técnica de la central durante un periodo de
15 operación mayor que el que se tendría si el funcionamiento se limitase exclusivamente
a las horas del día en las que existe irradiación solar.

La invención resulta especialmente adecuada en centrales termosolares con
generación directa de vapor (GDV), en las que es usual el funcionamiento con vapor
20 saturado, si bien también puede usarse en otros tipos de centrales, ya que es posible
el funcionamiento en paralelo con muchos de los sistemas de producción de potencia
ya conocidos en el Estado de la Técnica.

Problema técnico que se quiere resolver

25

La disponibilidad del recurso primario de una central eléctrica termosolar sin ningún
sistema de almacenamiento está ligada a la presencia de la radiación procedente del
sol, por lo que es de carácter cíclico y está, por tanto, desacoplada de las necesidades
de consumo energético. Por otra parte, los sistemas de producción de potencia de las
30 centrales eléctricas requieren un funcionamiento lo más estable posible,
particularmente si están basados en turbinas, ya que estas máquinas tienen elevadas
inercias termomecánicas y responden mal a los cambios de carga, por no mencionar
las dificultades que entrañan los arranques y paradas demasiado frecuentes.

En aquellos casos en los que una central termosolar dispone de un sistema de almacenamiento, éste permite adaptar la producción de energía térmica del campo solar, que varía con el ciclo solar diario y las inestabilidades meteorológicas, de manera que se satisfaga el requisito de operación estable del bloque de potencia. A la
5 estabilidad de funcionamiento se añade una segunda característica, también de gran importancia, que es la posibilidad de prolongar el periodo de funcionamiento de la central más allá de aquél en el que el sol está presente. Se consigue así la posibilidad de gestionar la producción de potencia en función de su demanda. La gestionabilidad energética redunda en un aumento del rendimiento global de la central y de su
10 disponibilidad, lo que, a su vez, conlleva una mejor viabilidad económica, reduce la necesidad de mantenimiento, aumenta la expectativa de vida útil y, por ende, dota a la central de un argumento competitivo frente a otros sistemas de producción de energía de naturaleza renovable como las eólicas o las fotovoltaicas, que carecen de esa posibilidad.

15 La elección del tipo de almacenamiento depende de aspectos vinculados a cada una de las tecnologías solares disponibles, a través del tipo de fluido caloportador utilizado y del nivel térmico que se pueda alcanzar. Uno de los factores más importantes es la capacidad térmica del sistema, entendida como la cantidad de energía que es capaz
20 de asimilar durante la carga y de proporcionar durante la descarga.

El sistema de almacenamiento ha de cumplir con una serie de requisitos generales tales como:

- Alta densidad energética del medio de almacenamiento.
- 25 • Buena tasa de transferencia térmica entre el fluido calorífero del campo solar y el medio de almacenamiento (si son distintos).
- Rango de temperaturas acorde con la aplicación.
- Estabilidad mecánica y química del medio de almacenamiento.
- Reversibilidad completa para un gran número de ciclos de carga/descarga del
30 proceso.
- Bajas pérdidas térmicas.
- Facilidad de regulación y control.

De entre los distintos sistemas posibles, tal vez el más comúnmente empleado en la
35 fecha de redacción de esta solicitud de patente sea el que emplea sales fundidas como fluido de almacenamiento, ya que éstas satisfacen en buena medida los

requisitos expuestos anteriormente. Las sales se pueden emplear en campos solares tanto de elevada como de media concentración, de lo que dependerá el nivel térmico que se alcance. Sin embargo, presentan dos inconvenientes señalados, uno de carácter técnico y otro económico: el primero es su elevado punto de congelación, lo que requiere mantener siempre la temperatura por encima de ese punto; el segundo es su alto precio, lo que puede encarecer el coste de la central, dado el elevado volumen de fluido que es necesario si se quiere que la capacidad del almacenamiento no sea demasiado pequeña.

Se plantea, por tanto, la conveniencia de encontrar un fluido de almacenamiento alternativo sin esos inconvenientes. De entre todos los posibles, el primero que resulta obvio considerar es el agua, que es abundante y barata, posee un elevado calor específico en su fase líquida y tiene un punto de congelación notablemente menos problemático que el de las sales fundidas. La presente invención saca provecho, además, de la naturaleza condensable del vapor de agua, utilizando el intercambio térmico que se produce en los fluidos condensables entre el calor latente y el calor sensible.

El agua presenta, no obstante, dos inconvenientes para ser usada en sistemas de almacenamiento térmico: por una parte, su temperatura de saturación es baja a presiones cercanas a la atmosférica (100 °C a 1 bar); por otra parte, a temperaturas aún relativamente bajas su presión de vapor es elevada (la temperatura y presión críticas son 374 °C y 221 bar). En la presente invención se soslayan esos inconvenientes prescribiendo una variación continua de la presión dentro de una ventana de diseño con valores adecuados para la producción de potencia mecánica en ciclos de Rankine con turbinas de vapor.

Si bien el agua es la principal alternativa contemplada, la invención no es limitativa en ese sentido y puede aplicarse también con otros fluidos condensables, con el mismo principio de funcionamiento.

La invención postula la viabilidad de un sistema de almacenamiento para centrales termosolares que emplee un fluido condensable como caloportador. Por viabilidad se entiende que durante la descarga sea capaz producir la potencia nominal a lo largo de un periodo de tiempo prolongado, con un diseño sencillo y un coste aceptable.

Antecedentes de la invención

Existe una amplia variedad de sistemas de almacenamiento térmico. La mayor parte de ellos utilizan un fluido del que se aprovecha su calor sensible, que aumenta durante la carga y disminuye durante la descarga a base de aumentar y disminuir, respectivamente, la temperatura del fluido durante esos procesos.

Mucho menos frecuentes son los sistemas que se valen, no del calor sensible, sino del calor latente de cambio de fase, bien sea de fusión-congelación (en el paso de sólido a líquido y viceversa) o de evaporación-condensación (en el paso de líquido a vapor y viceversa).

La solicitud de patente europea EP 2 096 305 A1 "Installation de génération d'énergie électrique à partir d'énergie solaire" constituye un ejemplo de sistema de almacenamiento que se vale del calor de cambio de fase -en este caso de fusión-, ya que la energía térmica recolectada en un campo solar se almacena en forma de calor latente mediante la fusión de un material orgánico o mineral contenido en una pluralidad de cápsulas estancas, en las que la temperatura se mantiene entre 100 °C y 130 °C. El fluido caloportador, que intercambia calor, por una parte con el campo solar, por otra parte con el fluido del almacenamiento y, por último con el fluido de trabajo del ciclo termodinámico en el generador de vapor para la turbina, es agua con una temperatura máxima de 150 °C, a una presión máxima de 6 bar. El fluido caloportador y el fluido de trabajo del ciclo termodinámico son diferentes y el intercambio de calor entre ellos se produce por la interposición entre los dos de una superficie de transmisión; el rango de temperaturas del ciclo termodinámico queda limitado por el del fluido caloportador, lo que conlleva la necesidad de que el fluido de trabajo del ciclo termodinámico sea un fluido orgánico como el butano o el propano.

La solicitud de patente francesa FR 2 454 599 A "Procédé d'amélioration de l'échange de chaleur dans un accumulateur de chaleur latente et dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé" también usa el principio de acumulación por calor latente de fusión. En esa invención se propone el uso de un agente de dispersión (aceite de parafina), puesto en contacto con la materia que acumula calor latente de fusión pero inmiscible con ella, de manera que esta última se transforma en un lecho fluido que mejora la transmisión de calor con el fluido caloportador, gracias al aumento del coeficiente de transferencia térmica de las superficies de intercambio y a que la totalidad de las partículas de las que consta la materia acumuladora entra en contacto

con las citadas superficies. Al igual que en el caso anterior, la materia que acumula el calor es distinta de la que se emplea en los circuitos caloportadores (agua y una mezcla de agua y glicol). La invención citada no especifica la finalidad de la energía térmica acumulada, si bien se mencionan como aplicaciones posibles la calefacción y el agua caliente sanitaria. No se contempla la posibilidad de realizar ningún ciclo termodinámico, lo que sería difícil a la vista de las características reivindicadas.

La solicitud de patente estadounidense US 2002/0153004 A1 "Solar heat harnessing system" utiliza también el principio de aprovechamiento de calor latente pero, en este caso, de evaporación-condensación. El fluido acumulador de calor propuesto es agua que entra en forma de gotas finamente atomizadas (para facilitar su evaporación) al interior de una cavidad existente en un captador de energía solar, en cuyo interior las gotas se evaporan a presión cercana a la presión atmosférica. El vapor así obtenido es aspirado por una bomba de vacío y cede calor por condensación a otro circuito en el que se obtiene agua caliente o vapor. El acumulador propiamente dicho es un depósito que contiene vapor a presión atmosférica, lo que limita seriamente la cantidad de energía que se puede almacenar con ese dispositivo.

La presión y la temperatura del acumulador de calor en todos los dispositivos antecedentes mencionados se mantienen constantes en los valores correspondientes al cambio de fase, a diferencia de lo que sucede en la presente invención, en la que la presión y la temperatura del acumulador varían de manera continua tanto en la carga como en la descarga. Las patentes citadas plantean exclusivamente el aprovechamiento del calor latente del cambio de fase, mientras que el principio de la presente invención es el de la interconversión entre el calor latente y el sensible, en ambos sentidos, durante la carga y la descarga del sistema. Además, la presente invención no necesita el uso de materias diferentes en el contenido del acumulador y de los circuitos caloportadores, ya que se plantea el uso de un único fluido que hace simultáneamente las veces de fluido acumulador y de fluido de trabajo del ciclo termodinámico.

Descripción de la invención

La invención se refiere a un procedimiento de acumulación de energía termosolar mediante un fluido condensable, que comprende los siguientes procesos:

- Transmisión de calor al fluido condensable, que recibe ese calor procedente bien directamente de un campo solar o bien procedente de otro fluido que ha evolucionado en un campo solar. Dicha transmisión de calor se realiza en, al menos, dos intercambiadores de calor: un precalentador (por el que circula líquido subenfriado que se calienta hasta una temperatura cercana a la de saturación) y un generador de vapor (en el que tiene lugar la ebullición del líquido saturado). A la salida del precalentador el líquido se conduce a un calderín caliente, de cuyo interior se extrae una fracción que se conduce al generador de vapor, donde una parte del líquido se convierte en vapor saturado, retornando a continuación al calderín caliente la mezcla así obtenida de las fases líquida y vapor.

- Suministro de vapor saturado a una turbina de vapor. Dicha turbina de vapor comprende, al menos, un cuerpo de alta presión y un cuerpo de baja presión, expandiéndose el vapor en dichos cuerpos de alta presión y baja presión.

- Recolección del fluido condensable que evoluciona en los cuerpos de alta presión y baja presión de la turbina en un calderín frío, que hace también las veces de desgasificador. La fase líquida del fluido condensable se transporta desde el calderín frío primero al precalentador, luego al calderín caliente y, de ahí al generador de vapor, para acabar de nuevo en el calderín caliente.

El procedimiento, además, comprende la existencia de:

- Una fase de almacenamiento o carga de energía, en la que el calderín caliente se va llenando de fluido condensable, que aumenta de presión y temperatura debido al intercambio de calor en el precalentador y el generador de vapor. En el interior del calderín caliente coexisten en equilibrio la fase líquida y la fase vapor, ambas en condiciones de saturación. La energía se almacena en el calderín caliente en forma de calor sensible y calor latente del fluido condensable.

- Una fase de descarga de la energía, en la que el calderín caliente se vacía progresivamente de fluido condensable. El vaciado tiene lugar por medio de la evaporación de la fase líquida, que se transforma en vapor saturado que abandona el calderín caliente por diferencia de presiones, para alimentar al cuerpo de alta de la turbina. La presión y la temperatura del fluido en el interior del calderín caliente van disminuyendo progresivamente durante la fase de descarga.

En el procedimiento, el suministro con vapor saturado al cuerpo de alta presión de la turbina se realiza desde el calderín caliente a través de una válvula que reduce la presión por laminado, de manera que dicho suministro de vapor a la entrada de la turbina tiene lugar a una presión constante que coincide con la mínima que habrá en el

calderín caliente al final de la descarga. La constancia de la presión de entrada a la turbina permite mantener constante la potencia obtenida durante la descarga.

Además, el almacenamiento del calor en el calderín caliente se realiza de forma adiabática.

El sistema de almacenamiento objeto de la invención funciona en paralelo con una central solar convencional de producción de potencia equipada con una turbina de vapor común a ambos dispositivos. La carga del almacenamiento tiene lugar simultáneamente con el funcionamiento normal de la central solar convencional, de tal modo que el almacenamiento se va cargando mientras el aporte solar es mayor que el nominal necesario para la producción del vapor que consume la turbina durante su funcionamiento normal en presencia de radiación solar.

La descarga puede funcionar con arreglo a dos modos diferentes:

- En un primer modo de funcionamiento, la descarga se simultanea con el uso normal de la central, suministrando un caudal de vapor adicional que suplementa al producido en la central convencional. Se incrementa así la potencia por encima del valor correspondiente al funcionamiento normal de la central solar sin almacenamiento. Si, en un momento dado, la radiación solar existente solamente alcanza para que la central convencional funcione a carga parcial, el suplemento de potencia obtenido con la descarga permite acercar el funcionamiento al de las condiciones nominales, lo que acerca el cumplimiento del requisito de operación estable del bloque de potencia. Si la radiación solar presente supera a la necesaria para el funcionamiento a plena carga de la central convencional, la descarga en esas condiciones permite alcanzar una potencia superior a la nominal, si bien ese caso ha de considerarse como excepcional.
- En un segundo modo de funcionamiento, la utilización de la descarga se reserva para los momentos de ausencia de radiación solar, obteniéndose así una prolongación del periodo de utilización diario de la central. Durante esa prolongación se suministra solamente la potencia nominal correspondiente al sistema de almacenamiento.

Normalmente, los ciclos de carga y descarga de energía se suceden uno a otro en el tiempo, pudiendo comenzar la descarga una vez que ha terminado la carga inmediatamente anterior. No obstante, la carga y la descarga también pueden tener lugar simultáneamente, siempre que exista radiación solar. Las alternativas de funcionamiento simultáneo o alterno de la carga y la descarga son compatibles en la

invención y la utilización de una u otra no altera el procedimiento descrito ni el dispositivo empleado para llevarlo a cabo.

La presión y la temperatura a la que coexisten el líquido y el vapor en el calderín caliente varían de forma continua a lo largo del tiempo, aumentando durante la carga del almacenamiento y disminuyendo durante la descarga, razón por la que se emplea el término “presión deslizante” en el título de la invención. El rango de variación de la presión en el interior del calderín caliente se prescribe del siguiente modo: por una parte, la presión mínima (la que reina cuando finaliza la descarga y comienza la carga) es tal que, con ese valor de la presión del vapor en la admisión de la turbina, ésta desarrolla la potencia nominal con la que se diseña el almacenamiento; por otra parte, la presión máxima es la presión de saturación a la mayor de las temperaturas a las que se produce el vapor en el generador de vapor, que será la temperatura nominal al terminar el proceso de carga. La presión máxima debe ser menor que la presión crítica del fluido de trabajo, de manera que al inicio de la descarga se tenga vapor saturado a la entrada de la turbina.

El tiempo que dura un proceso de descarga, para un rango de presiones dado, depende de la masa de fluido de trabajo almacenada en el calderín caliente al finalizar el proceso de carga. Esa masa se prescribe como un valor de diseño de la instalación, escogido arbitrariamente, del que, a su vez depende el volumen del calderín caliente.

La invención también se refiere a un dispositivo de acumulación de energía termosolar mediante un fluido condensable, que se emplea en el procedimiento descrito previamente. Dicho dispositivo se ajusta a un ciclo termodinámico de tipo “Rankine”, en el que una turbina de vapor genera en su eje trabajo mecánico. El dispositivo comprende:

- Al menos dos intercambiadores de calor, en los que el fluido condensable recibe calor, bien desde un campo solar por radiación directa, o bien por convección desde otro fluido caloportador que ha evolucionado previamente en un campo solar, realizando dicho intercambio de calor en un precalentador y un generador de vapor. De esta manera, a la salida del precalentador, el fluido condensable en fase líquida se almacena en un calderín caliente, de cuyo interior se extrae una fracción de dicho fluido condensable que se conduce al generador de vapor, donde se evapora parcialmente, tras lo cual la mezcla líquido-vapor así obtenida se conduce de nuevo al calderín caliente.

- Una turbina de vapor que comprende, al menos, un cuerpo de alta presión y un cuerpo de baja presión, expandiéndose el vapor en dichos cuerpos de alta presión y baja presión.
 - Un condensador, dispuesto a la salida del cuerpo de baja presión de la turbina.
- 5 - Un calderín frío, en el que se recoge el fluido que evoluciona en los cuerpos de alta presión y baja presión de la turbina.

El dispositivo es tal que en el calderín caliente coexisten en equilibrio la fase líquida y la fase vapor del fluido de trabajo a una presión comprendida dentro de un intervalo
10 cuyos límites se prescriben de manera que, por una parte, el valor máximo es menor que la presión crítica y, por otra parte, el valor mínimo es tal que con él se obtiene la potencia nominal de la instalación de almacenamiento.

El volumen del calderín caliente es tal que en su interior se acumulan la masa de fluido
15 condensable existente al final de la descarga sumada a la totalidad de la masa de fluido de trabajo necesaria para mantener a la turbina funcionando en su condición nominal durante todo el tiempo prescrito para la descarga.

Mediante este dispositivo, la potencia que se obtiene en el eje de la turbina es
20 constante a lo largo del tiempo. Esto se consigue gracias a un sistema de control que actúa por medio de una válvula de laminación sobre la presión de entrada al cuerpo de alta presión de la turbina.

Descripción de las figuras

25 La figura 1 muestra un esquema del dispositivo descrito en la invención, en el que se aprecian los diferentes componentes necesarios para su funcionamiento, con generación directa de vapor en el campo solar.

30 La figura 2 muestra una variante del dispositivo descrito en la invención, en la que el calor se transmite al fluido de trabajo por mediación de un fluido caloportador que, a su vez, recibe calor del campo solar.

La figura 3 muestra un diagrama termodinámico h-s (entalpía-entropía) en el que se ha
35 representado una línea de expansión del vapor en su tránsito a través de las turbinas en las que se obtiene la potencia mecánica.

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

- 1 Precalentador del fluido de trabajo empleado durante la carga del
5 almacenamiento.
- 2 Generador de vapor del fluido de trabajo, empleado durante la carga del almacenamiento.
- 3 Calderín caliente.
- 4 Calderín frío, que también sirve como desgasificador.
- 10 5 Cuerpo de alta presión de la turbina.
- 6 Cuerpo de baja presión de la turbina.
- 7 Separador de humedad.
- 8 Condensador del fluido de trabajo que abandona la turbina.
- 9 Bomba de condensado.
- 15 10 Bomba de alimentación del fluido de trabajo durante la carga del almacenamiento.
- 11 Bomba de recirculación del fluido de trabajo por el generador de vapor.
- 12 Válvula de laminación del fluido de trabajo que entra en el cuerpo de alta presión de la turbina.
- 20 13 Válvula de laminación del fluido extraído entre los dos cuerpos de la turbina.
- 14 Campo de colectores para recepción de la radiación solar en la variante con fluido caloportador en el campo solar.

En la figura 1 se señalan también los diferentes estados termodinámicos del fluido de trabajo en su tránsito a lo largo del ciclo. Se indican a continuación estos estados, algunos de los cuales también aparecen representados en la figura 3:

- A Salida del vapor del calderín caliente.
- B Entrada del vapor al cuerpo de alta presión de la turbina.
- C Salida del vapor del cuerpo de alta presión de la turbina y entrada al separador
30 de humedad.
- D Salida del vapor del separador de humedad y entrada al cuerpo de baja presión de la turbina.
- E Salida del vapor del cuerpo de baja presión de la turbina y entrada al condensador.
- 35 F Salida del líquido acumulado en el separador de humedad.
- G Extracción de vapor en cuerpo de baja presión de la turbina.

Además del fluido de trabajo que atraviesa la turbina, existen otros fluidos relevantes, como el fluido de refrigeración del condensador y –en la variante en la que no se recurre a la generación directa de vapor en el campo solar- el fluido caloportador que transfiere energía desde el campo solar a los intercambiadores de calor del almacenamiento, cuyos estados termodinámicos están señalados en la figura 2 mediante los puntos:

H Entrada del fluido refrigerante al condensador.

I Salida del fluido refrigerante del condensador.

J Salida del fluido caloportador del campo solar y entrada al generador de vapor.

10 K Salida del fluido caloportador del generador de vapor y entrada al precalentador.

L Salida del fluido caloportador del precalentador y vuelta hacia el campo solar.

Por último, la radiación solar se indica en las figuras 1 y 2 mediante los símbolos:

15 R_1 Radiación solar incidente en el precalentador en la variante con generación directa de vapor.

R_2 Radiación solar incidente en el generador de vapor en la variante con generación directa de vapor.

20 R Radiación solar incidente en el campo solar en la variante con fluido caloportador en el campo solar.

Descripción detallada de una forma de realización de la invención

25 La invención se basa en el trasvase de fluido entre dos tanques o depósitos, en los que el de mayor temperatura hace las veces de reservorio de energía térmica, al uso de lo que sucede en otros sistemas de acumulación termofluidodinámicos. El trasvase entre ambos tanques se realiza por medio de un fluido condensable, que atraviesa en su recorrido una serie de elementos que son consustanciales con la realización de un ciclo termodinámico de tipo “Rankine”, que es el más comúnmente empleado en las
30 centrales termosolares de generación de energía eléctrica.

Una forma preferente de realización de la invención se ilustra en las figuras 1 y 2, en las que se emplea una instalación de potencia que evoluciona en un ciclo Rankine según se conoce en el estado de la técnica. A continuación se describen los
35 elementos fundamentales de dicha instalación, con idea de facilitar la comprensión y el alcance final de la invención.

El fluido de trabajo del ciclo de potencia evoluciona por, al menos, dos intercambiadores de calor, en los que se realiza el intercambio energético con el campo solar. Uno de estos intercambiadores de calor hace de precalentador (1) del fluido de trabajo del ciclo Rankine, mientras que el otro intercambiador de calor es un generador de vapor (2). El intercambio térmico puede tener lugar bien recibiendo directamente el fluido de trabajo la radiación solar, como está representado en la figura 1, o bien por interposición de un fluido caloportador, que será quien reciba la radiación solar para, a continuación, ceder esa energía por convección al fluido de trabajo, como está representado en la figura 2. Como se aprecia en las figuras 1 y 2, el fluido de trabajo del ciclo Rankine evoluciona inicialmente por el precalentador (1), después por el calderín caliente (3), y a continuación pasa a través del generador de vapor (2), para volver de ahí al calderín caliente (3). Por otro lado, en la variante representada en la figura 2, el fluido caloportador que procede del campo solar entra al generador de vapor (2) en unas condiciones termodinámicas "J", sale del generador de vapor (2) y entra al precalentador (1) en unas condiciones termodinámicas "K", saliendo después del precalentador (1) en otras condiciones "L". En el generador de vapor (2), una fracción de la fase líquida del fluido de trabajo acumulado en el calderín caliente (3), pasa a fase vapor por ebullición. En algunas configuraciones, existe una bomba de recirculación (11), de manera que dicha fracción de la fase líquida del fluido de trabajo acumulado en el calderín caliente (3) se bombea hacia el generador de vapor (2). Esta bomba de recirculación (11) puede omitirse en caso de emplear circulación natural, como es frecuente en los generadores de vapor de las calderas convencionales.

El calderín caliente (3) hace las veces de depósito acumulador de energía térmica. En un primer modo de funcionamiento, llamado modo de carga, en el calderín caliente (3) se almacenan agua líquida y vapor de agua, que se encuentran en equilibrio termodinámico en condiciones de saturación y van aumentando su presión y temperatura a medida que avanza el proceso de carga. En un segundo modo de funcionamiento, llamado modo de descarga, el vapor del interior del calderín caliente (3) se descarga en el cuerpo de alta de la turbina (5) y el agua líquida se evapora para reponer el equilibrio líquido-vapor en el interior del calderín caliente (3), cuya presión y temperatura disminuyen progresivamente. El calderín caliente (3) también cumple la función de separador de las fases líquida y vapor, que están mezcladas en el interior de los tubos del generador de vapor (2) y coexisten separadas en el interior del calderín caliente (3).

El vapor acumulado en el calderín caliente (3) sale de éste en unas condiciones termodinámicas "A" (véase la figura 3) para alimentar al cuerpo de alta presión de la turbina (5), pasando previamente a través de una válvula de laminación (12). La función de dicha válvula de laminación (12) es reducir la presión del vapor, desde el valor que tiene en el interior del calderín (3), hasta un valor de la presión de alimentación a la turbina (5) tal que la potencia que esta desarrolla en su eje sea constante. El paso del fluido de trabajo por la válvula de laminación (12) es un proceso isentálpico, de manera que el vapor, a la salida de la válvula (12), está en unas condiciones termodinámicas "B".

La turbina comprende, al menos, un cuerpo de alta presión (5) y un cuerpo de baja presión (6). En el cuerpo de alta presión (5) de la turbina se obtiene trabajo mecánico durante la descarga del almacenamiento, por expansión del vapor procedente del calderín caliente (3). A la entrada del cuerpo de alta presión (5) de la turbina, el fluido de trabajo se encuentra en unas condiciones termodinámicas "B" (como puede verse en la figura 3), y a la salida del cuerpo de alta presión (5) de la turbina, el fluido de trabajo se encuentra en unas condiciones termodinámicas "C".

A la salida del cuerpo de alta presión (5) de la turbina, el fluido de trabajo pasa por un separador de humedad (7), cuya función es secar el vapor húmedo obtenido en los últimos escalonamientos del cuerpo de alta presión (5) de la turbina. La fase líquida obtenida en el separador de humedad (7), que se encuentra en unas condiciones termodinámicas "F", pasa por una válvula de laminación (13) que reduce la presión del líquido extraído; dicho líquido se conduce al calderín frío (4). Por otro lado, el vapor obtenido en el separador de humedad (7) entra al cuerpo de baja presión (6) de la turbina.

En el cuerpo de baja presión (6) de la turbina, el vapor prosigue la expansión tras el secado obtenido en el separador de humedad (7). En un punto intermedio de la expansión en el cuerpo de baja presión (6) de la turbina se procede a efectuar una extracción de vapor que, en condiciones termodinámicas "G", se conduce al calderín frío (4). El resto del vapor evoluciona en el cuerpo de baja presión (6) de la turbina, hasta que la abandona en unas condiciones termodinámicas "E", previas a su paso por el condensador (8). Un fluido refrigerante del condensador, que pasa de condiciones termodinámicas "H" a "I", enfría el fluido de trabajo que pasa por el condensador (8). El fluido de trabajo del ciclo Rankine, una vez condensado, se bombea mediante una bomba de condensado (9), que lo conduce hacia el calderín frío (4).

En el calderín frío (4) se almacena el fluido que se ha turbinado durante el proceso de descarga y en su interior coexisten también las fases líquida y vapor del fluido de trabajo. El calderín frío (4) hace también las veces de desgasificador de la instalación, de manera que sirve para la extracción de los gases no condensables que se hayan podido introducir en el circuito del fluido de trabajo. El líquido condensado que se acumula en el calderín frío (4) se conduce, mediante una bomba de alimentación (10), al precalentador (1) durante la carga del almacenamiento. Así, el fluido de trabajo se precalienta desde la temperatura que tiene al salir de la bomba de alimentación (10) hasta la que existe en el calderín caliente (3).

Una característica común que se da tanto en el calderín caliente (3) como en el calderín frío (4), es que en ambos calderines existe un equilibrio líquido/vapor en el que ambas fases están saturadas, por lo cual la presión y la temperatura en su interior, en un instante dado, son las de saturación. La presión de saturación en cada uno de los calderines (3 y 4) varía con el tiempo de manera continua al modificarse la temperatura, tanto durante la carga como durante la descarga, lo que explica la designación de presión deslizante que figura en el título de la invención. En el calderín caliente (3) la presión disminuye durante la descarga y aumenta durante la carga, en ambos casos de manera apreciable, mientras que en el calderín frío (4) esa variación es pequeña, ya que la presión permanece igual a la de la extracción de vapor desde el cuerpo de baja presión (6) de la turbina hacia el calderín frío (4).

La figura 3 muestra un diagrama termodinámico h-s (entalpía-entropía) en el que se ha representado una línea de expansión del vapor en su tránsito a través de los dos cuerpos de la turbina, desde que sale del calderín caliente (3) hasta que llega al condensador (8). La línea de expansión, representada por la unión de los estados termodinámicos correspondientes a los distintos puntos intermedios que existen en la instalación, se va modificando con el paso del tiempo a medida que avanza el proceso de descarga.

El montaje preferente de la invención conlleva la utilización de un ciclo de turbina de vapor con dos particularidades. Por un lado, se trata de un ciclo con una única extracción intermedia de vapor, que se conduce al calderín frío (4). Por otro lado, el calderín caliente (3) y el calderín frío (4) (que, como ya se ha indicado, también hace las veces de desgasificador) se utilizan como almacenamiento del fluido de trabajo,

por lo que las dimensiones de esos depósitos quedan determinadas por la capacidad térmica con la que se diseña el sistema de almacenamiento.

Como ya se ha dicho, y se explica de forma detallada más adelante, el procedimiento de acumulación de energía termosolar consta de un modo o fase de carga de energía, y otro modo o fase de descarga de energía. La carga puede tener lugar en paralelo con el uso "normal" de una central termosolar que funciona con un ciclo de Rankine convencional, de tal modo que el almacenamiento se va cargando mientras el aporte solar es mayor que el nominal necesario para mantener funcionando dicho ciclo en sus valores de diseño. Para ello, se puede disponer, en paralelo con el calderín caliente (3), de un calderín convencional (no representado en las figuras 1 y 2) de pequeño tamaño -y de menor inercia térmica que el del almacenamiento-, alimentado por vapor producido por vía convencional en el campo solar. En ese calderín "convencional" se mantiene constante la presión del vapor de alimentación a la turbina, que tiene un diseño análogo al de una turbina convencional, particularmente en lo relativo a la disposición de los precalentadores regenerativos usuales en ese tipo de centrales.

La descarga se puede simultanear con el funcionamiento normal de la central convencional o bien puede reservarse para cuando no exista radiación solar.

En el primer caso, la descarga incrementa la potencia obtenida en el uso normal, suministrando un caudal de vapor adicional, que se suma al producido para el ciclo convencional. En el segundo caso, la descarga permite prolongar el periodo de utilización diario de la central. Durante la descarga en el modo de ausencia de radiación solar se pueden cerrar, si se estima conveniente, los circuitos propios de la central convencional, en particular los que conducen a los precalentadores regenerativos, en caso de que existan.

El recorrido del fluido por las diferentes partes del dispositivo de almacenamiento es idéntico en los dos modos de descarga y cumple las mismas funciones. Por esa razón, es suficiente con describir el funcionamiento de la invención una única vez y se ha considerado pertinente efectuar esa descripción en el modo en que la descarga no es simultánea con el uso normal de la central convencional, en cuyo caso la descarga y la carga tienen lugar de la manera explicada a continuación. Durante la descarga, el vapor saturado del calderín caliente (3) fluye por diferencia de presiones, primero hacia el cuerpo de alta presión (5) de la turbina, después hacia el cuerpo de baja presión (6) y, tras condensar en el condensador (8), la bomba de condensado (9) lo

traslada al calderín frío (4), donde se va acumulando hasta que comience el proceso de carga. El vapor se genera en el calderín caliente (3) por la evaporación del líquido acumulado durante la fase de carga. El calderín caliente (3) dispone del aislamiento térmico adecuado (no representado en las figuras 1 y 2), gracias al cual la descarga es adiabática. La presión de saturación en el calderín caliente (3) disminuye a medida que el vapor fluye hacia la turbina, debido a la bajada de temperatura que conlleva la evaporación de líquido para restaurar el equilibrio líquido-vapor en el calderín caliente (3). En efecto, la evaporación tiene lugar por un mecanismo de intercambio entre el calor sensible, que cede la mezcla líquido-vapor en equilibrio, y el calor latente, que absorbe la masa de líquido que se evapora.

Al principio de la carga, el calderín caliente (3) contiene un volumen de líquido igual al mínimo prefijado para ese tanque, a una temperatura relativamente baja, ya que es la que quedó dentro del calderín caliente (3) al terminar el proceso de descarga anterior. Durante la carga, la bomba de alimentación (10) trasvasa líquido desde el calderín frío (4) hacia el calderín caliente (3), haciendo pasar dicho líquido primero por el precalentador (1), en el que se precalienta, bien recibiendo calor directamente desde el campo solar (figura 1), o bien cambiando calor con el fluido calorífero del campo solar (figura 2). La masa total de líquido trasladado desde el calderín frío (4) al calderín caliente (3) es igual a la masa de vapor que pasa a través del cuerpo de alta presión (5) de la turbina durante la descarga. También forma parte del proceso de carga el intercambio en el generador de vapor (2), que tiene lugar en paralelo con el trasvase de líquido, antes descrito, desde el calderín frío (4) hacia el calderín caliente (3). En el generador de vapor (2), una fracción del líquido saturado extraído del calderín caliente (3) pasa a vapor saturado antes de retornar a dicho calderín caliente (3). La presión en el calderín caliente (3) va creciendo a medida que van subiendo la masa almacenada y la temperatura en su interior; esta última crece, por una parte, gracias al precalentamiento en el precalentador (1) y, por otra parte, por la producción de vapor saturado en el generador de vapor (2), que puede condensar dentro del calderín caliente (3) para mantener el equilibrio, liberando entonces calor latente de condensación que, en ese caso, hace aumentar el calor sensible de la mezcla líquido-vapor. La carga termina bien cuando, una vez lleno el calderín caliente (3) con el volumen máximo prefijado de líquido, se alcanzan la temperatura y la presión de consigna; o bien cuando no hay más radiación sobrante para la carga del sistema de almacenamiento.

La carga y la descarga son, por tanto, procesos opuestos: en la descarga se vacía el calderín caliente (3) de líquido que se evapora para suministrar a la turbina un cierto caudal de vapor saturado a presión decreciente, mientras que en la carga el calderín caliente (3) se llena de líquido saturado, aumentando la presión de saturación gracias al precalentamiento en el precalentador (1) y a la producción de vapor saturado en el generador de vapor (2).

La prescripción principal de la invención es que la masa de líquido del calderín caliente (3) sea tal que el intervalo de variación de la presión (y temperatura) en su interior durante la descarga no sobrepase un valor prefijado, de manera que durante todo el proceso de descarga la presión del vapor permanezca por encima del umbral mínimo que asegura el funcionamiento de la turbina produciendo una potencia constante igual a la nominal de descarga del almacenamiento.

En ausencia de sistemas de regulación, la potencia obtenida en la turbina sería continuamente decreciente durante la descarga. Para evitar que la variación de la presión en el calderín caliente (3) conlleve una variación en la potencia producida, la turbina está dotada de un sistema de regulación propio que la hace compatible con el requisito de estabilidad en la potencia necesario en los sistemas interconectados de generación de energía eléctrica.

Un sistema de regulación puede hacer que la potencia obtenida sea constante en el tiempo; cuanto menor sea esa potencia constante, en comparación con la máxima alcanzable durante la fase inicial de la descarga del sistema sin regular, mayor será el tiempo total de producción de potencia. El sistema de regulación más sencillo consiste en laminar el vapor a la entrada en el cuerpo de alta presión (5) de la turbina con la válvula de laminación (12), bajando su presión a entalpía constante. En esas condiciones, la descarga se prolonga hasta que la presión en el calderín caliente (3) – que sigue bajando de manera gradual– se iguale con la presión de diseño a la entrada de la turbina, que se mantiene sensiblemente constante durante toda la descarga.

Frente a una central solar convencional con ciclo de Rankine, la invención presenta como diferencia la masa mucho mayor de líquido que reside en el calderín caliente (3). Pero, en lo que a los aspectos constructivos se refiere, no aparece ninguna complicación -aparte del tamaño que requiere el calderín caliente (3)-, por lo que se puede decir que la principal ventaja es la sencillez y la utilización de conceptos de viabilidad demostrada en centrales convencionales.

Puede mencionarse también la ausencia de los inconvenientes asociados a otros sistemas de almacenamiento. En comparación con los sistemas que emplean depósitos de vapor a presión, se aumenta considerablemente la capacidad del sistema a igualdad de volumen del tanque y de presión del vapor empleado, ya que el equilibrio bifásico confiere al calderín caliente (3) mucha inercia térmica (por la mayor densidad de la fase líquida) y, por tanto, mucha más operatividad que un simple tanque de vapor. En comparación con los sistemas que emplean tanques de sales fundidas, que es el dispositivo más comúnmente empleado, se evitan los problemas de congelación de las sales.

El hecho de alimentar la turbina con vapor saturado conlleva la posibilidad de encontrar problemas de humedad en la zona de baja presión de la línea de expansión. De ahí que sea necesario escoger cuidadosamente las condiciones termodinámicas del vapor a la entrada de la turbina. Además, estos problemas se pueden atenuar utilizando deshumidificadores internos con purgas de agua, al estilo de los que existen en algunas turbinas para centrales nucleares (con ranuras en el dorso de los álabes de baja para canalizar la fracción condensada hacia las purgas). También se puede recurrir al separador de humedad (7) interpuesto entre el cuerpo de alta presión (5) de la turbina y el cuerpo de baja presión (6) de la turbina, como se aprecia en las figuras 1 y 2. La fracción líquida obtenida en el separador se conduce hacia el calderín frío (4) tras laminarla en la válvula (13) para reincorporarla al ciclo.

También se puede estudiar la posibilidad de usar un fluido condensable orgánico, con una forma de su curva de saturación tal que a la salida de la turbina no haya vapor húmedo. El n-pentano es una opción interesante como fluido de trabajo, pero es posible considerar muchas otras alternativas.

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 – Procedimiento de acumulación de energía termosolar mediante un fluido condensable, que comprende los siguientes procesos:

- 5 - transmisión de calor al fluido condensable, que recibe ese calor procedente bien directamente de un campo solar o bien procedente de otro fluido que ha evolucionado en un campo solar, realizándose dicha transmisión de calor en, al menos, dos intercambiadores de calor: un precalentador (1), por el que circula líquido subenfriado que se calienta hasta una temperatura cercana a la de saturación, y un generador de vapor (2), en el que tiene lugar una ebullición del líquido saturado;
- 10 - transporte del líquido a la salida del precalentador (1) hacia un calderín caliente (3), de cuyo interior se extrae una fracción que se conduce al generador de vapor (2), donde una parte del líquido se convierte en vapor saturado, retornando a continuación al calderín caliente (3) la mezcla así obtenida de las fases líquida y vapor;
- suministro de vapor saturado a una turbina de vapor que comprende, al menos, un
15 cuerpo de alta presión (5) y un cuerpo de baja presión (6), expandiéndose el vapor en dichos cuerpos de alta presión (5) y baja presión (6);
- recolección del fluido condensable que evoluciona en los cuerpos de alta presión (5) y baja presión (6) de la turbina en un calderín frío (4), y transporte de la fase líquida del fluido condensable desde el calderín frío (4), primero al precalentador (1), luego al
20 calderín caliente (3) y, de ahí, al generador de vapor (2);

caracterizado por que comprende:

- una fase de carga de energía, en la que el calderín caliente (3) se va llenando de fluido condensable, que aumenta de presión y temperatura debido al intercambio de calor en el precalentador (1) y el generador de vapor (2); en el interior del calderín
25 caliente (3) coexisten en equilibrio la fase líquida y la fase vapor, ambas en condiciones de saturación, de modo que la energía se almacena en el calderín caliente (3) en forma de masa de fluido condensable con alta entalpía;
- una fase de descarga de la energía, en la que el calderín caliente (3) se vacía progresivamente de fluido condensable; así, el vaciado tiene lugar por medio de la
30 evaporación de la fase líquida, que se transforma en vapor saturado que abandona el calderín caliente (3) por diferencia de presiones, para alimentar al cuerpo de alta de la turbina (5), de modo que la presión y la temperatura del fluido en el interior del calderín caliente (3) van disminuyendo progresivamente durante la fase de descarga.

2 – Procedimiento de acumulación de energía termosolar mediante un fluido condensable según la primera reivindicación **caracterizado por que:**

- el intervalo de variación de la presión dentro del calderín caliente (3) tiene prescritos sus límites con unas presiones de consigna mínima y máxima entre las que se ha de

5 operar, tales que:

- la presión mínima, que es la existente cuando finaliza la descarga y comienza la carga, es tal que, con ese valor de la presión del vapor en la admisión de la turbina, ésta desarrolla la potencia nominal con la que se diseña el almacenamiento;

10 - la presión máxima, que es la presión de saturación a la temperatura existente al terminar el proceso de carga, es menor que la presión crítica del fluido de trabajo, de modo que al inicio de la descarga se tiene vapor saturado a la entrada de la turbina;

- la masa de fluido de trabajo almacenada en el calderín caliente (3) al inicio de la descarga se escoge arbitrariamente como una variable de diseño de la instalación, de la que depende el tiempo que dura un proceso de descarga, para un rango de

15 presiones dado; y

- el almacenamiento del calor en el calderín caliente (3) se realiza de forma adiabática.

3 – Procedimiento de acumulación de energía termosolar mediante un fluido condensable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por**

20 **que** el suministro con vapor saturado al cuerpo de alta presión (5) de la turbina se realiza desde el calderín caliente (3) a través de una válvula de laminación (12), de manera que dicho suministro de vapor a la entrada del cuerpo de alta presión (5) de la turbina tiene lugar a una presión tal que se mantiene constante la potencia producida en la turbina.

25

4 – Procedimiento de acumulación de energía termosolar mediante un fluido condensable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado por**

30 **que** la carga del almacenamiento y el funcionamiento de la turbina de producción de potencia tienen lugar al mismo tiempo, de tal modo que el almacenamiento se va cargando mientras el aporte solar es mayor que el nominal necesario para la producción del vapor que consume la turbina.

5 – Procedimiento de acumulación de energía termosolar mediante un fluido condensable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por**

35 **que** la descarga suplementa la potencia obtenida en el uso normal, gracias al

suministro de un caudal de vapor adicional al que produce la central convencional sin almacenamiento.

6 – Procedimiento de acumulación de energía termosolar mediante un fluido condensable según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** las fases de carga de energía y descarga de energía se realizan de forma no simultánea, sucediéndose en el tiempo de forma alterna, comenzando la descarga una vez que ha terminado la carga inmediatamente anterior, reservándose la descarga para los momentos de ausencia de radiación, lo que prolonga el periodo de utilización diario de la central.

7 – Dispositivo de acumulación de energía termosolar mediante un fluido condensable, que se emplea en el procedimiento descrito en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y se ajusta a un ciclo termodinámico Rankine en el que una turbina de vapor genera en su eje trabajo mecánico, que comprende:

- al menos dos intercambiadores de calor, en los que el fluido condensable recibe calor, bien desde un campo solar por radiación directa, o bien por convección desde otro fluido caloportador que ha evolucionado previamente en un campo solar, realizando dicho intercambio de calor en un precalentador (1) y un generador de vapor (2), de manera que a la salida del precalentador (1), el fluido condensable se almacena en un calderín caliente (3), y una fracción de dicho fluido condensable almacenado en el calderín caliente (3) evoluciona al generador de vapor (2), evaporándose parcialmente y conduciéndose de nuevo al calderín caliente (3);
- una turbina de vapor que comprende, al menos, un cuerpo de alta presión (5) de la turbina y un cuerpo de baja presión (6) de la turbina, expandiéndose el vapor en dichos cuerpos de alta presión (5) y baja presión (6) de la turbina;
- un condensador (8) y un calderín frío (4), en el que se recoge el vapor que evoluciona en los cuerpos de alta presión (5) y baja presión (6) de la turbina;

caracterizado por que

- en el calderín caliente (3) coexisten en equilibrio la fase líquida y la fase vapor del fluido de trabajo, siendo esta última la que aporta el caudal de alimentación al cuerpo de alta presión (5) de la turbina, ;
- el volumen del calderín caliente (3) es tal que en su interior se acumulan la masa de fluido condensable existente al final de la descarga sumada a la totalidad de la masa de fluido de trabajo necesaria para mantener los cuerpos de alta presión (5) y baja

presión (6) de la turbina funcionando en su condición nominal durante todo el tiempo prescrito para la descarga.

- 8 – Dispositivo de acumulación de energía termosolar según la reivindicación 7,
5 **caracterizado por que** existe un sistema de control que actúa, gracias a una válvula de laminación (12), sobre la presión de entrada al cuerpo de alta presión (5) de la turbina, de tal modo que la potencia que se obtiene en el eje de la turbina es constante a lo largo del tiempo que dura la descarga.

DIBUJOS

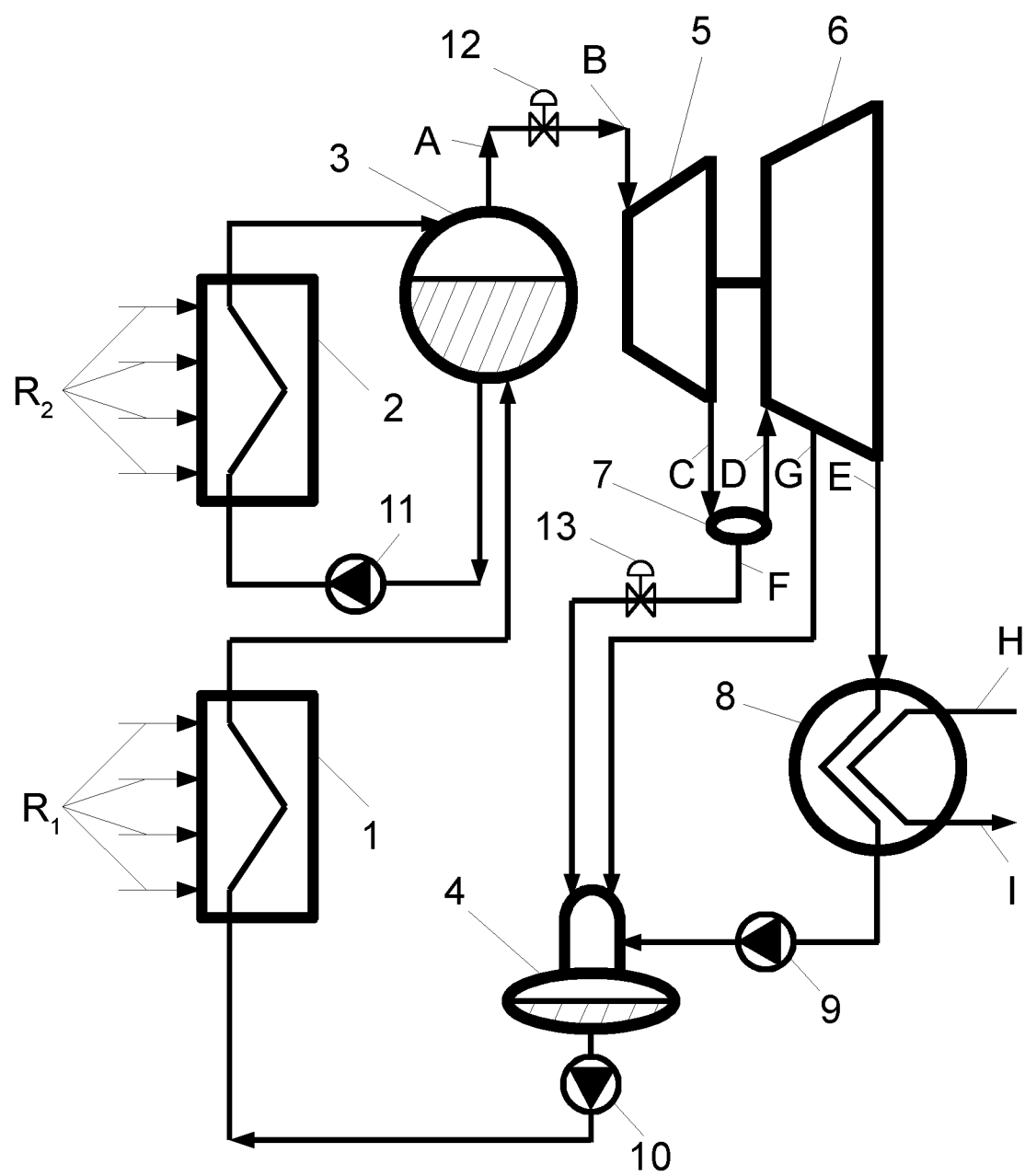


Figura 1

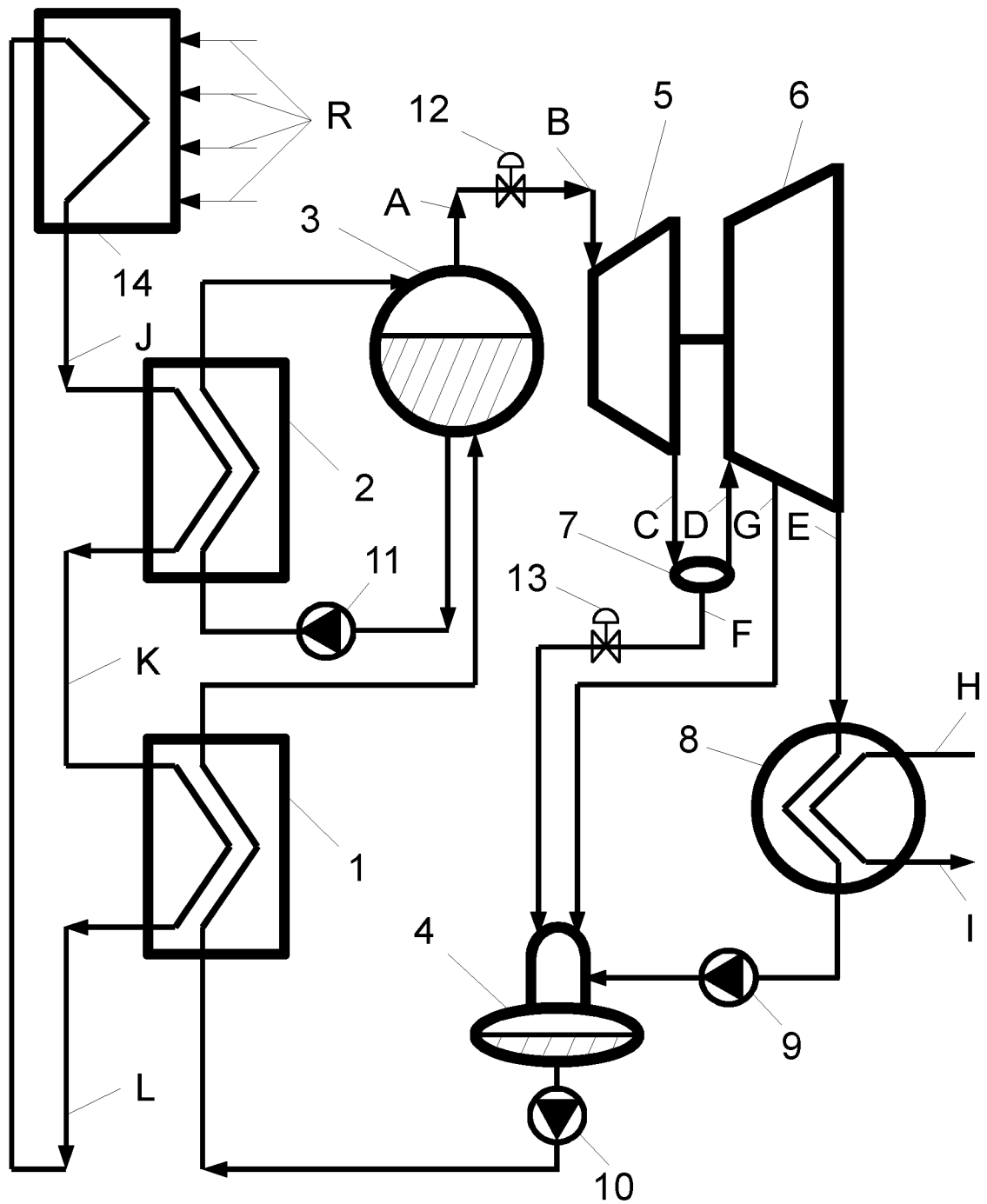


Figura 2

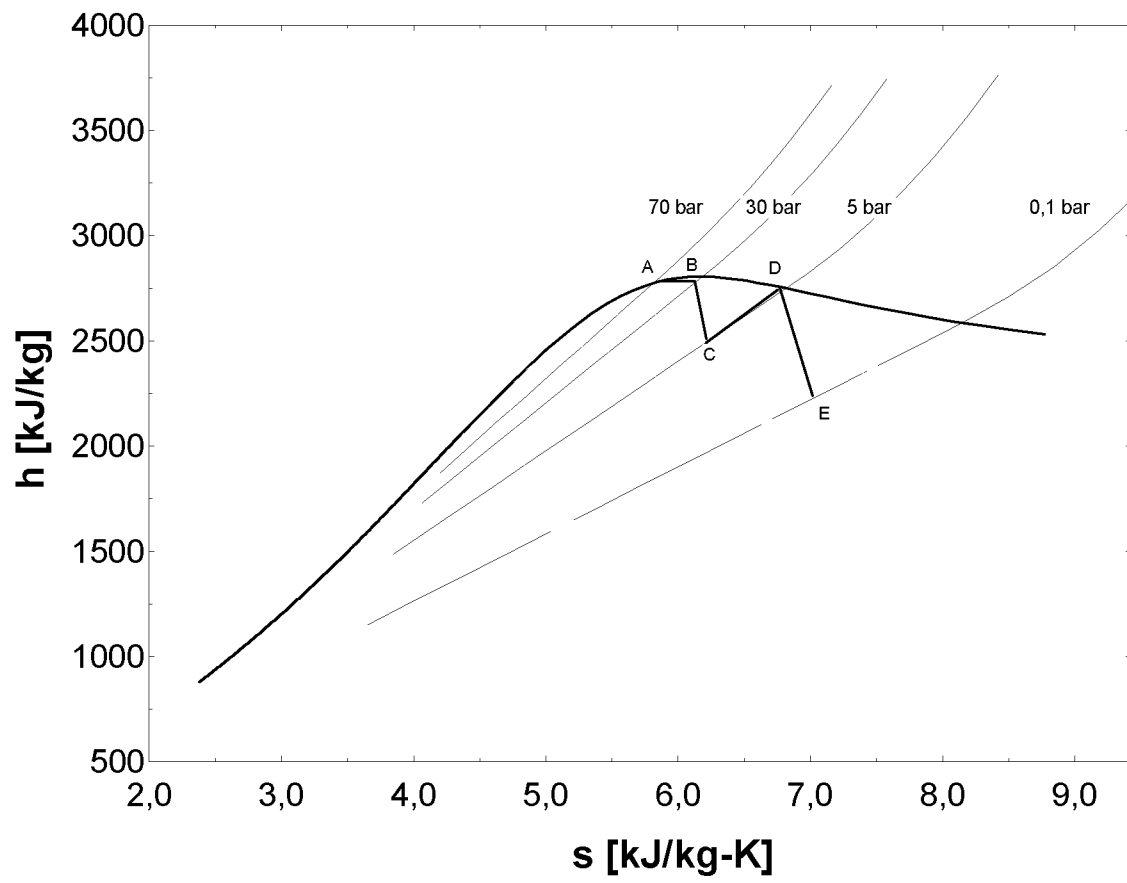


Figura 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2014/070520

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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)

F28D, F01K, F24J

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	US 2012319410 A1 (AMBROSEK JAMES W ET AL.) 20/12/2012, paragraphs[15 - 20]; figure 1.	1,7
A	US 2002153004 A1 (AGATA TAKAHIRO) 24/10/2002, paragraph [62]; figure 1.	1,7
A	CA 2748537 A1 (FORTIN JACQUES-ALEXANDRE ET AL.) 04/02/2013, abstract; claim 1.	1,7
A	US 4479352 A (YAMAOKA KEIJIRO ET AL.) 30/10/1984, the whole document.	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
15/09/2014Date of mailing of the international search report
(16/09/2014)

Name and mailing address of the ISA/

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)

Facsimile No.: 91 349 53 04

Authorized officer
E. García Lozano

Telephone No. 91 3496863

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

Information on patent family members

PCT/ES2014/070520

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CA2748537 A1	04.02.2013	US2014182578 A1 EP2739916 A1 CA2843819 A1 CA2843780 A1 WO2013016829 A1 WO2013016828 A1	03.07.2014 11.06.2014 07.02.2013 07.02.2013 07.02.2013 07.02.2013
----- US2002153004 A1	----- 24.10.2002	----- US6568386 B2 WO0157453 A1 JP3889626B B2 CN1365440 A CN1214223C C AU3055801 A AU759770B B2	----- 27.05.2003 09.08.2001 07.03.2007 21.08.2002 10.08.2005 14.08.2001 01.05.2003
----- US2012319410 A1	----- 20.12.2012	----- WO2012174540 A1	----- 20.12.2012
----- US4479352 A	----- 30.10.1984	----- DE3226334 A1 DE3226334 C2 JPS5815702 A	----- 10.02.1983 18.07.1985 29.01.1983
-----	-----	-----	-----

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2014/070520

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F28D20/02 (2006.01)

F01K3/00 (2006.01)

F24J2/00 (2014.01)

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2014/070520

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

Ver Hoja Adicional

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)
F28D, F01K, F24J

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	US 2012319410 A1 (AMBROSEK JAMES W ET AL.) 20/12/2012, párrafos[15 - 20]; figura 1.	1,7
A	US 2002153004 A1 (AGATA TAKAHIRO) 24/10/2002, párrafo [62]; figura 1.	1,7
A	CA 2748537 A1 (FORTIN JACQUES-ALEXANDRE ET AL.) 04/02/2013, resumen; reivindicación 1.	1,7
A	US 4479352 A (YAMAOKA KEIJIRO ET AL.) 30/10/1984, todo el documento.	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/ES2014/070520

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
CA2748537 A1	04.02.2013	US2014182578 A1 EP2739916 A1 CA2843819 A1 CA2843780 A1 WO2013016829 A1 WO2013016828 A1	03.07.2014 11.06.2014 07.02.2013 07.02.2013 07.02.2013 07.02.2013
----- US2002153004 A1	----- 24.10.2002	----- US6568386 B2 WO0157453 A1 JP3889626B B2 CN1365440 A CN1214223C C AU3055801 A AU759770B B2	----- 27.05.2003 09.08.2001 07.03.2007 21.08.2002 10.08.2005 14.08.2001 01.05.2003
----- US2012319410 A1	----- 20.12.2012	----- WO2012174540 A1	----- 20.12.2012
----- US4479352 A	----- 30.10.1984	----- DE3226334 A1 DE3226334 C2 JPS5815702 A	----- 10.02.1983 18.07.1985 29.01.1983
-----	-----	-----	-----

CLASIFICACIONES DE INVENCION

F28D20/02 (2006.01)

F01K3/00 (2006.01)

F24J2/00 (2014.01)