

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 582**

21 Número de solicitud: 201630223

51 Int. Cl.:

F03G 7/04 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

26.02.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

15.02.2017

Fecha de concesión:

01.12.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

12.12.2017

73 Titular/es:

**IDEADORA, S.L. (100.0%)
C/ Miguel Vivancos, 1 2º B
30007 Murcia (Murcia) ES**

72 Inventor/es:

MORALES HERNANDEZ, Adrian

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **Sistema termodinámico para la generación de energía eléctrica.**

57 Resumen:

Sistema termodinámico para la generación de energía eléctrica.

Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, que comprende un circuito de compresión (2), un circuito de potencia (3) y un intercambiador de calor (10) situado entre ambos circuitos. El circuito de compresión (2) comprende un primer fluido de trabajo (12), un evaporador (4) para evaporar al menos parcialmente el primer fluido de trabajo (12) a partir de energía térmica ambiental, y un compresor (6) situado a la salida del evaporador (4). El circuito de potencia (3) comprende un segundo fluido de trabajo (11), una turbina (5) situada para recibir y expandir el segundo fluido de trabajo (11) calentado tras su paso por el intercambiador de calor (10), y adaptada para generar energía eléctrica, y un condensador (7) situado a la salida de la turbina (5). El evaporador (4) está expuesto a una temperatura ambiente superior a la que está expuesto el condensador (7).

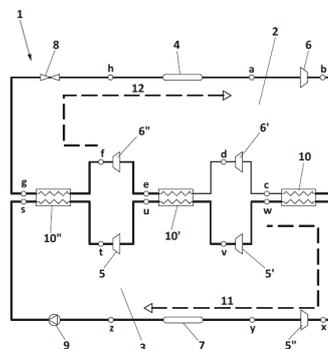


FIG. 1

ES 2 601 582 B1

DESCRIPCIÓN

Sistema termodinámico para la generación de energía eléctrica.

5 **Objeto de la invención**

La presente invención pertenece al sector industrial de la generación de energía a partir de fuentes renovables en general, y más en particular al campo de la energía termoeléctrica, es decir, a la generación de energía eléctrica a partir de la energía térmica ambiental mediante un proceso termodinámico.

10

El objeto de la invención consiste en proporcionar un sistema de generación de energía eléctrica sostenible, fiable y económico.

Antecedentes de la invención

15 En los últimos años, la producción de energía mediante fuentes de origen renovable ha adquirido gran relevancia dentro del sector energético. Estas fuentes de energía provienen de recursos naturales inagotables, produciendo un impacto ambiental nulo en la emisión de gases de efecto invernadero, como el CO₂.

20 Uno de los principales inconvenientes de las energías de origen renovable es el bajo rendimiento energético que se obtiene. Así, en muchas ocasiones, las grandes inversiones requeridas para la producción de energía, son abandonadas o reacondicionadas continuamente para conseguir un aumento de producción de energía.

25 A día de hoy, para la producción de energía térmica, se conocen máquinas frigoríficas de compresión que pueden funcionar como bomba de calor o refrigerador. Estas máquinas son capaces de suministrar una energía térmica del orden de tres a cinco veces la energía eléctrica que consumen.

30 Por otra parte, para la producción de energía eléctrica, las plantas de potencia convencionales son capaces de generar energía eléctrica con unos rendimientos inferiores a la unidad (relación energía eléctrica producida/energía del combustible usada).

Otro principal inconveniente de la energía de origen renovable es la falta de constancia de suministro energético, en muchos casos supeditada a unas determinadas condiciones atmosféricas o climatológicas.

- 5 Por ello, es deseable en el estado de la técnica mejorar la producción de energía eléctrica de una forma sostenible, constante, económica y duradera.

Descripción de la invención

- 10 El sistema termodinámico para la generación de energía eléctrica que la presente invención propone, se presenta como una mejora frente a lo conocido en el estado de la técnica, puesto que consigue alcanzar satisfactoriamente los objetivos anteriormente señalados como idóneos para la técnica, al aumentar el rendimiento, sin utilizar combustibles fósiles y sin depender de la aleatoriedad del clima para garantizar la continuidad del suministro.

15

La invención consiste en un sistema termodinámico para la generación de energía eléctrica que comprende un circuito de compresión, un circuito de potencia, y al menos un intercambiador de calor situado entre ambos circuitos.

- 20 El circuito de compresión contiene un primer fluido de trabajo compresible, capaz de absorber y ceder calor. Además, dicho circuito de compresión comprende un evaporador y al menos un compresor. El evaporador está adaptado para evaporar al menos una parte del primer fluido de trabajo a partir de la energía térmica ambiental, obteniendo un primer fluido de trabajo al alcanzar, al menos, el punto de vapor saturado de dicho primer fluido de
25 trabajo. El compresor está situado para recibir el primer fluido de trabajo al menos parcialmente evaporado, y está adaptado para comprimir dicho fluido al menos parcialmente evaporado, aumentando la presión y la temperatura del mismo hasta obtener la evaporación del mismo.

- 30 El circuito de potencia contiene un segundo fluido de trabajo compresible y capaz de absorber y ceder calor. El intercambiador de calor está situado entre ambos circuitos para transferir calor del primer fluido de trabajo al segundo fluido de trabajo.

El circuito de potencia además comprende al menos una turbina y un condensador. La turbina está situada para recibir el segundo fluido de trabajo calentado y al menos parcialmente evaporado tras su paso por el intercambiador de calor a una presión y temperatura tal que en su expansión en dicha turbina se pueda producir una cierta cantidad de energía. La turbina está adaptada para generar energía eléctrica a partir de la expansión del segundo fluido de trabajo. El condensador está situado para recibir el segundo fluido de trabajo al menos parcialmente evaporado (expandido), y está adaptado para condensar el fluido al menos parcialmente evaporado, liberando al exterior al menos una parte del calor almacenado en el mismo. El condensador recibe el segundo fluido de trabajo expandido hasta alcanzar un valor de presión tal que su temperatura de saturación coincide con la temperatura a la que se intercambia calor con el ambiente en este elemento.

Por último, el evaporador está expuesto a una temperatura ambiente superior a la temperatura ambiente a la que está expuesto el condensador.

De esta forma, la invención presenta un sistema de generación de energía eléctrica que, haciendo uso de la energía térmica de baja temperatura contenida en el estado ambiente, es capaz de producir más energía eléctrica que la energía eléctrica que consume para la obtención de la misma. Así, el sistema descrito, permite la transformación de la energía térmica del estado ambiente a baja temperatura en energía térmica de mayor temperatura, gracias al aporte de energía eléctrica en el circuito de compresión, y posteriormente la transformación de esta energía térmica de mayor temperatura en energía eléctrica en el circuito de potencia.

El circuito de compresión está diseñado para obtener energía térmica a una mayor temperatura, a partir de la energía térmica del estado ambiente a una menor temperatura, y de la energía eléctrica necesaria para alimentar los componentes del circuito (al menos un evaporador y un compresor). El circuito de potencia está diseñado para obtener energía eléctrica, a partir de la energía térmica transferida del circuito de compresión mediante el intercambiador de calor.

La invención da a conocer un sistema de producción de energía eléctrica sostenible y duradero, al basarse en el uso de energía térmica de baja temperatura contenida en el

ambiente y evitar el uso de cualquier tipo de combustible.

Así mismo, el sistema ofrece una producción de energía eléctrica relativamente constante durante ciertos meses del año, al basarse en el uso de energía térmica de baja temperatura
5 contenida en el ambiente y en la diferencia de temperatura entre el evaporador y el condensador, en la que el evaporador esté a una mayor temperatura ambiente que el condensador para asegurar el buen funcionamiento de la invención.

Así mismo, la invención presenta un sistema de producción de energía eléctrica económico
10 y sencillo, que no requiere de numerosos elementos, como es habitual en el estado de la técnica, como por ejemplo, de tanques de almacenamiento frío y caliente, generadores de vapor (calderas) necesarios para operar con vapor o cámaras de combustión, etc.

Así mismo, la invención no precisa combustible, y por lo tanto, tampoco requiere de ningún
15 sistema de almacenamiento, tratamiento o transporte de este.

Según una realización preferente, el evaporador está expuesto a una temperatura ambiente de al menos 24°C, y el condensador está expuesto a una temperatura ambiente menor o igual a 17°C. Manteniendo al menos esta diferencia de temperatura entre el evaporador y el
20 condensador, la invención es capaz de asegurar el correcto funcionamiento del sistema, y en particular, de que el evaporador es capaz de absorber calor del exterior, para transferirlo al primer líquido de trabajo, y de que el condensador es capaz de ceder calor al exterior del segundo líquido de trabajo.

Según una realización preferente, el condensador está enterrado, actuando como intercambiador de calor subterráneo, o sumergido bajo el agua, actuando como intercambiador de calor con el agua. Así mismo, de forma preferente, el evaporador está en contacto con el exterior. De esta forma, la invención asegura para ciertas etapas del año que el evaporador está expuesto a una temperatura ambiente superior a la temperatura
25 ambiente a la que está expuesto el condensador.
30

Según otra realización preferente, el intercambiador de calor está situado a la salida del compresor y antes de la entrada de la turbina. Así, el intercambiador de calor recibe el

primer fluido de trabajo evaporado y el segundo fluido de trabajo en estado líquido. En ese caso, y de forma preferente, el intercambiador de calor está adaptado para que la transferencia de calor entre el primer fluido de trabajo evaporado y el segundo fluido de trabajo, sea tal que el primer fluido de trabajo evaporado sea licuado, y que el segundo fluido de trabajo sea al menos parcialmente evaporado.

Según otra realización preferente, el circuito de potencia además comprende una bomba de circulación encargada de impulsar el segundo fluido de trabajo a través del circuito de potencia, y donde dicha bomba de circulación está situada entre la salida del condensador y la entrada del intercambiador de calor. De forma ventajosa, la bomba elevará la presión del segundo fluido de trabajo a la de la entrada de la turbina.

Según otra realización preferente, el circuito de compresión además comprende una válvula de estrangulamiento encargada de reducir la presión del primer fluido de trabajo hasta alcanzar la presión de trabajo del evaporador, donde dicha válvula de estrangulamiento está situada entre la salida del intercambiador de calor y la entrada del evaporador.

De forma alternativa, el circuito de compresión puede comprender una turbina encargada de reducir la presión del primer fluido de trabajo hasta alcanzar la presión de trabajo del evaporador, y donde dicha turbina está situada entre la salida del intercambiador de calor y la entrada del evaporador. En este caso, la turbina podría además de usarse para expandir el fluido hasta la presión del evaporador, y generar electricidad para abastecer a alguno de los elementos del sistema, como la bomba de circulación del circuito de potencia.

Según una realización preferente, el sistema termodinámico de la invención comprende el mismo número de compresores, que de turbinas, e intercambiadores de calor. Así, la invención presentará el mismo número de compresiones que de expansiones, consiguiendo un sistema estable.

Preferentemente, el primer fluido de trabajo y/o el segundo fluido de trabajo es agua. El agua es un fluido compresible, capaz de absorber calor, barato y fácil de conseguir, con lo

que ofrece varias ventajas en su uso como fluido de trabajo, tanto en el circuito de compresión como en el circuito de potencia. Además, la invención ofrece una alternativa segura en caso de fugas, puesto que es un fluido no contaminante. Cabe mencionar que los caudales máxicos del ciclo de compresión y de potencia podrían ser iguales o distintos.

5

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, 10 unos dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una vista esquemática del sistema termodinámico, según una realización preferente de la invención.

15

La figura 2.- Muestra el diagrama T-S correspondiente al sistema termodinámico mostrado en la figura 1. La figura 2a muestra el diagrama completo, y la figura 2b una vista en detalle del diagrama de la figura 2a.

Realización preferente de la invención

La figura 1 muestra un sistema termodinámico 1 para la generación de energía eléctrica. El sistema termodinámico 1 mostrado comprende un circuito de compresión 2, un circuito de potencia 3, y tres intercambiadores de calor 10, 10', 10'' situados entre ambos circuitos 2, 3.

25 El circuito de compresión 2 contiene un primer fluido de trabajo 12, y el circuito de potencia 3, un segundo fluido de trabajo 11. Ambos fluidos 11, 12 son compresibles, siendo capaces de cambiar de estado físico (de gaseoso a líquido, y viceversa), y también de almacenar calor.

30 El circuito de compresión 2 del sistema termodinámico 1 mostrado en la figura 1 comprende un evaporador 4, tres compresores 6, 6', 6'' (etapas de compresión) y una válvula de estrangulamiento 8.

El evaporador 4 está adaptado para evaporar al menos una parte del primer fluido de trabajo 12 a partir de la energía térmica ambiental. Así, en el evaporador 4, el primer fluido de trabajo 12 absorbe calor de la atmósfera hasta alcanzar al menos el punto de saturación del primer fluido de trabajo 12, obteniendo la evaporación de al menos una parte del mismo.

5

Los compresores 6, 6', 6'' del circuito de compresión 2 están situados para recibir el primer fluido de trabajo 12, al menos parcialmente evaporado, y están adaptados para comprimir dicho fluido, al menos parcialmente evaporado, aumentando la presión y la temperatura del mismo hasta obtener al menos su evaporación. Así, el primer fluido de trabajo 12 al menos

10 parcialmente evaporado es comprimido sucesivamente a lo largo del circuito, evaporándose y experimentando un aumento de temperatura.

Tras pasar por el evaporador 4, el primer fluido de trabajo 12 atraviesa un primer compresor 6, en el cual, es comprimido hasta obtener su evaporación.

15

Seguidamente, el primer fluido de trabajo 12 calentado y evaporado llega al primer intercambiador de calor 10. El intercambiador de calor 10 comunica los dos circuitos 2, 3 transfiriendo calor del primer 12 al segundo fluido de trabajo 11.

20 Tras ceder gran parte de calor al segundo fluido de trabajo 11, el primer fluido de trabajo 12 evaporado entra en un segundo compresor 6' adaptado para comprimir el fluido entrante, aumentando la presión y la temperatura del mismo.

A continuación, el primer fluido de trabajo 12 llega al segundo intercambiador de calor 10',

25 en el que parte del calor del primer fluido de trabajo 12 pasa al segundo fluido de trabajo 11.

Nuevamente, tras ceder gran parte de calor al segundo fluido de trabajo 11, el primer fluido de trabajo 12 entra en un tercer compresor 6'' igualmente adaptado para comprimir el fluido entrante, aumentando la presión y la temperatura del mismo.

30

Seguidamente, el primer fluido de trabajo 12 entra en el tercer intercambiador de calor 10''. En este tercer intercambiador de calor 10'' la cesión de calor del primer fluido de trabajo 12

al segundo fluido de trabajo 11 es tal que la temperatura baja lo suficiente como para que el primer fluido de trabajo 12 evaporado se licúe.

5 Finalmente, el primer fluido de trabajo 12 entra en la válvula de estrangulamiento 8, la cual está situada para recibir el primer fluido de trabajo 12 que atraviesa el tercer intercambiador de calor 10". La válvula de estrangulamiento 8 está encargada de reducir la presión del primer fluido de trabajo 12 hasta alcanzar la presión de trabajo del evaporador 4.

10 Por su parte, el circuito de potencia 3 del sistema termodinámico 1 mostrado en la figura 1 comprende un condensador 7, tres turbinas 5, 5', 5" (etapas de expansión) y una bomba de circulación 9.

15 El condensador 7 está adaptado para condensar al menos una parte del al menos parcialmente evaporado segundo fluido de trabajo 11, liberando al exterior al menos una parte del calor almacenado en el mismo. Así, el condensador 7 cede calor al exterior hasta que el segundo fluido de trabajo 11 pasa a estado al menos parcialmente líquido.

20 Tras pasar por el condensador 7, el segundo fluido de trabajo 11 atraviesa la bomba de circulación 9, la cual, impulsa dicho fluido hacia el tercer intercambiador de calor 10". En este tercer intercambiador de calor 10", parte del calor del primer fluido de trabajo 12 es transferido al segundo fluido de trabajo 11, donde dicha transferencia de calor es tal que el segundo fluido de trabajo 11 es al menos parcialmente evaporado.

25 Seguidamente, el segundo fluido de trabajo 11 calentado y al menos parcialmente evaporado llega a una primera turbina 5.

30 Las turbinas 5, 5', 5" del circuito de potencia 3 están situadas para recibir el segundo fluido de trabajo 11 calentado y al menos parcialmente evaporado tras su paso por los intercambiadores de calor 10", 10', 10, y están adaptadas para expandir dicho fluido, al menos parcialmente evaporado, y generar energía eléctrica a partir de la expansión y del calor almacenado en el segundo fluido de trabajo 11. Así, el segundo fluido de trabajo 11 es expandido sucesivamente a lo largo del circuito, evaporándose y experimentando un aumento de temperatura.

Tras pasar la primera turbina 5, el segundo fluido de trabajo 11 al menos parcialmente evaporado y expandido, llega al segundo intercambiador de calor 10', en el que parte del calor del primer fluido de trabajo 12 evaporado pasa al segundo fluido de trabajo 11.

- 5 Nuevamente, tras recibir calor del primer fluido de trabajo 12, el segundo fluido de trabajo 11 entra en una segunda turbina 5' adaptada para expandir el segundo fluido de trabajo 11, disminuyendo la presión y la temperatura del mismo.

10 Seguidamente, el segundo fluido de trabajo 11 llega al primer intercambiador de calor 10, en el que nuevamente recibe calor del primer fluido de trabajo 12.

Posteriormente, y para completar el ciclo, el segundo fluido de trabajo 11 entra en una tercera turbina 5'' en la que el segundo fluido de trabajo 11 se expande hasta tal punto que pasa a un estado parcialmente evaporado (mezcla de líquido y vapor). Preferiblemente, el
15 segundo fluido de trabajo 11 es completamente evaporado a la salida de la tercera turbina 5'' para evitar la cavitación.

La figura 2a muestra el diagrama T-S (diagrama temperatura-entropía o diagrama entrópico) correspondiente al sistema termodinámico 1 mostrado en la figura 1 para el caso concreto
20 de un sistema operando con este ciclo en la ciudad de Madrid durante los 3 meses de más calor del año. Madrid tiene una temperatura media anual de 13,7°C y una temperatura media en los meses de verano de 22,5°C.

En base a estos datos, se establecen las siguientes hipótesis:

- 25 - En el evaporador se absorbe calor de la atmósfera a 22,5°C,
- En el condensador se cede calor al terreno a 16°C (situación conservadora, si se cediera calor a 13,7°C, el sistema obtendría mejor rendimiento), y
- el valor de flujo másico para el primer fluido de trabajo y para el segundo fluido de trabajo es de 1 kg/s.

30

En dicha figura 2a pueden verse, a modo de ejemplo, los cambios experimentados por el primer 12 y el segundo 11 fluido de trabajo al atravesar los distintos elementos que integran tanto el circuito de compresión 2 como el circuito de potencia 3.

El circuito de compresión 2 comienza con el paso del primer fluido de trabajo 12 a través del evaporador 4, (referencias h-a de la figura 1). Como se observa en la figura 2a, al atravesar el evaporador 4, el primer fluido de trabajo 12 es sometido a un proceso de absorción de calor isobaro (a presión constante). Con esta absorción de calor, el primer fluido de trabajo
 5 12 alcanza la saturación.

En el primer compresor 6 (a-b), el primer fluido de trabajo 12 aumenta su presión y temperatura, alcanzando el estado gaseoso, y situándose en la zona de vapor recalentado, puesto que antes de la expansión era vapor saturado. Al pasar por el primer intercambiador de calor 10 (b-c), el primer fluido de trabajo 12 experimenta una bajada de temperatura al ceder parte de su calor al circuito de potencia 3, continuando, a pesar de ello, en estado al menos parcialmente gaseoso. Es únicamente en el tercer intercambiador de calor 10'' (f-g) en el que la temperatura decrece tanto que el fluido de trabajo 12 pasa a líquido a alta presión. Finalmente, en la etapa g-h (figura 2b), la válvula de estrangulamiento 8 reduce la
 10 15 presión del fluido de trabajo 12 hasta la su estado inicial, la presión del evaporador 4.

Por su parte, el segundo fluido de trabajo 11 se comporta de forma similar en el circuito de potencia 3.

20 A la salida de la bomba de circulación 9 (s) (figura 2b), el segundo fluido de trabajo 11, en estado líquido, pasa a través del tercer intercambiador de calor 10'' (s-t). En esta etapa (s-t), el segundo fluido de trabajo 11 experimenta un aumento de temperatura a presión constante tal que dicho segundo fluido de trabajo 11 pasa a estado gaseoso.

25 Posteriormente, en cada paso por la primera turbina 5 (t-u), la segunda turbina 5' (v-w), y la tercera turbina 5'' (x-y), el segundo fluido de trabajo 11 experimenta una disminución de presión y temperatura, conservando su estado al menos parcialmente gaseoso. Y, en cada paso por el segundo 10' (u-v) y el primer intercambiador de calor 10 (w-x), el segundo fluido de trabajo 11 experimenta un aumento de su presión y temperatura.

30 Como se observa, en su paso por la tercera turbina 5'' (x-y), la presión decrece tanto que alcanza la presión de saturación para la temperatura de intercambio de calor buscada en el condensador, estando en este caso el fluido en estado vapor recalentado o vapor húmedo.

A la salida de esta tercera turbina 5'' (y), la presión debe ser baja, ya que debe coincidir con la presión de saturación para la temperatura subterránea buscada.

5 Por último, en su paso por el condensador 7 (y-z), el segundo fluido de trabajo 11 cede calor al entorno a presión y temperatura constantes, pasando de estado vapor húmedo a líquido saturado.

Para este ejemplo, considerando:

- 10 - un rendimiento isoentrópico de las turbinas 5, 5', 5'' del 94%, donde, para turbinas:

$$\text{Rendimiento isoentrópico} = \frac{\text{Diferencia de entalpías real}}{\text{Diferencia de entalpías ideal}}$$

es decir, las turbinas 5, 5', 5'' producen menos energía de la que producirían idealmente con rendimiento isoentrópico=1,

- 15 - un rendimiento isoentrópico en los compresores 6, 6', 6'' del 90%, donde, para compresores:

$$\text{Rendimiento isoentrópico} = \frac{\text{Diferencia de entalpías ideal}}{\text{Diferencia de entalpías real}}$$

es decir, los compresores 6, 6', 6'' consumen más energía de la que consumirían idealmente con rendimiento isoentrópico=1,

- 20 - y una pérdida de calor en intercambiadores de calor 10, 10', 10'' del 5% (rendimiento del 95%), donde, el efecto de la pérdida de calor en cada intercambiador de calor sigue la siguiente expresión:

$$0,95 = \frac{\text{Calor cedido por el intercambiador al circuito de potencia}}{\text{Calor cedido al intercambiador en el circuito de compresión}}$$

25 Y teniendo en cuenta, que la potencia en cada turbina 5, 5', 5''y compresor 6, 6', 6'' se define como el producto del flujo másico que atraviesa cada elemento multiplicado por la diferencia de entalpías a la entrada y a la salida de cada elemento, es decir,

- para la primera turbina 5:

$$P_{turbina\ 5} = m_{11} \cdot (h_t - h_u)$$

donde m_{11} es el flujo másico del segundo fluido de trabajo 11, h_t la entalpía en el estado t y h_u la entalpía en el estado u. Flujo másico en kg/s, entalpía en kJ/kg, y P en kW.

- para la segunda turbina 5':

$$P_{turbina\ 5'} = m_{11} \cdot (h_v - h_w)$$

5 donde m_{11} es el flujo másico del segundo fluido de trabajo 11, h_v la entalpía en el estado v y h_w la entalpía en el estado w. Flujo másico en kg/s, entalpía en kJ/kg, y P en kW.

- para la tercera turbina 5'':

$$P_{turbina\ 5''} = m_{11} \cdot (h_x - h_y)$$

10 donde m_{11} es el flujo másico del segundo fluido de trabajo 11, h_x la entalpía en el estado x y h_y la entalpía en el estado y. Flujo másico en kg/s, entalpía en kJ/kg, y P en kW.

- para el primer compresor 6:

$$P_{compresor\ 6} = m_{12} \cdot (h_b - h_a)$$

15 donde m_{12} es el flujo másico del primer fluido de trabajo 12, h_b la entalpía en el estado b y h_a la entalpía en el estado a. Flujo másico en kg/s, entalpía en kJ/kg, y P en kW.

- para el segundo compresor 6':

$$P_{compresor\ 6'} = m_{12} \cdot (h_d - h_c)$$

donde m_{12} es el flujo másico del primer fluido de trabajo 12, h_d la entalpía en el estado d y h_c la entalpía en el estado c. Flujo másico en kg/s, entalpía en kJ/kg, y P en kW.

- 20 - para el tercer compresor 6'':

$$P_{compresor\ 6''} = m_{12} \cdot (h_f - h_e)$$

donde m_{12} es el flujo másico del primer fluido de trabajo 12, h_f la entalpía en el estado f y h_e la entalpía en el estado e. Flujo másico en kg/s, entalpía en kJ/kg, y P en kW.

25 Y despreciando la potencia de la bomba de circulación 9, por ser de un valor de orden de magnitud inferior a los valores de potencia de las turbinas 5, 5', 5'' y los compresores 6, 6',

6", se obtiene un valor de rendimiento global, definido como la relación entre la energía mecánica generada en la turbina (convertible posteriormente en energía eléctrica) y la energía eléctrica consumida en el compresor de 1,25, donde, dicho rendimiento global sigue la siguiente expresión:

5

$$\text{Rendimiento global} = \frac{\text{Potencia primera turbina 5} + \text{Potencia segunda turbina 5'} + \text{Potencia tercera turbina 5''}}{\text{Potencia primer compresor 6} + \text{Potencia segundo compresor 6'} + \text{Potencia tercer compresor 6''}}$$

Así, el sistema termodinámico que la presente invención propone produce más energía mecánica (convertible a eléctrica) que la energía eléctrica que consume.

10

Finalmente, a la vista de esta descripción y figuras, el experto en la materia podrá entender que la invención ha sido descrita según algunas realizaciones preferentes de la misma, pero que múltiples variaciones pueden ser introducidas en dichas realizaciones preferentes, sin salir del objeto de la invención tal y como ha sido reivindicada.

15

REIVINDICACIONES

1.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, **caracterizado por que** comprende:

5 - un circuito de compresión (2) que contiene un primer fluido de trabajo (12) compresible y capaz de absorber calor, y que al menos comprende:

- un evaporador (4) adaptado para evaporar al menos una parte del primer fluido de trabajo (12) a partir de la energía térmica ambiental, y

10 - un compresor (6) situado para recibir el primer fluido de trabajo (12) al menos parcialmente evaporado, y adaptado para comprimir dicho fluido al menos parcialmente evaporado aumentando la presión y la temperatura del mismo hasta obtener la evaporación del mismo,

- un circuito de potencia (3) que contiene un segundo fluido de trabajo (11) compresible y capaz de absorber calor, y

15 - al menos un intercambiador de calor (10) situado entre ambos circuitos (2, 3) para transferir calor del primer fluido de trabajo (12) al segundo fluido de trabajo (11),

- donde, el circuito de potencia (3) comprende:

20 - una turbina (5) situada para recibir el segundo fluido de trabajo (11) calentado y al menos parcialmente evaporado tras su paso por el intercambiador de calor (10), y adaptada para generar energía eléctrica a partir del cambio de presión y calor almacenado en el segundo fluido de trabajo (11),

25 - un condensador (7) situado para recibir el segundo fluido de trabajo (11) al menos parcialmente evaporado, y adaptado para condensar el fluido al menos parcialmente evaporado, liberando al exterior al menos una parte del calor almacenado en el mismo,

- y donde, el evaporador (4) está expuesto a una temperatura ambiente superior a la temperatura ambiente a la que está expuesto el condensador (7).

30 2.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el evaporador (4) está expuesto a una temperatura ambiente de al menos 24°C, y por que el condensador (7) está expuesto a una temperatura ambiente menor o igual a 17°C.

3.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el intercambiador de calor (10) está situado a la salida del compresor (6) y antes de la entrada de la turbina (5).

5 4.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, según la reivindicación 3, **caracterizado por que** el intercambiador de calor (10) está adaptado para que la transferencia de calor entre el primer fluido de trabajo (12) evaporado y el segundo fluido de trabajo (11), sea tal que el primer fluido de trabajo (12) evaporado sea licuado y que el segundo fluido de trabajo (11) sea evaporado.

10

5.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el circuito de potencia (3) además comprende una bomba de circulación (9) encargada de impulsar la circulación del segundo fluido de trabajo (11) a través del circuito de potencia (3), y donde dicha bomba de circulación (9) está situada entre la salida del condensador (7) y la entrada del intercambiador de calor (10).

15

6.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el circuito de compresión (2) además comprende una válvula de estrangulamiento (8) encargada de reducir la presión del primer fluido de trabajo (12) hasta alcanzar la presión de trabajo del evaporador (4), donde dicha válvula de estrangulamiento (12) está situada entre la salida del intercambiador de calor (10) y la entrada del evaporador (4).

20

7.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, **caracterizado por que** el circuito de compresión (2) además comprende una turbina encargada de reducir la presión del primer fluido de trabajo (12) hasta alcanzar la presión de trabajo del evaporador (4), y donde dicha turbina está situada entre la salida del intercambiador de calor (10) y la entrada del evaporador (4).

25

30

8.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el condensador (7) está enterrado o sumergido bajo el agua.

- 9.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende un mismo número de compresores (6), turbinas (5), e intercambiadores de calor (10).
- 5 10.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el primer fluido de trabajo (12) y/o el segundo fluido de trabajo (11) es agua.
- 10 11.- Sistema termodinámico (1) para la generación de energía eléctrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el evaporador (4) está en contacto con el exterior.

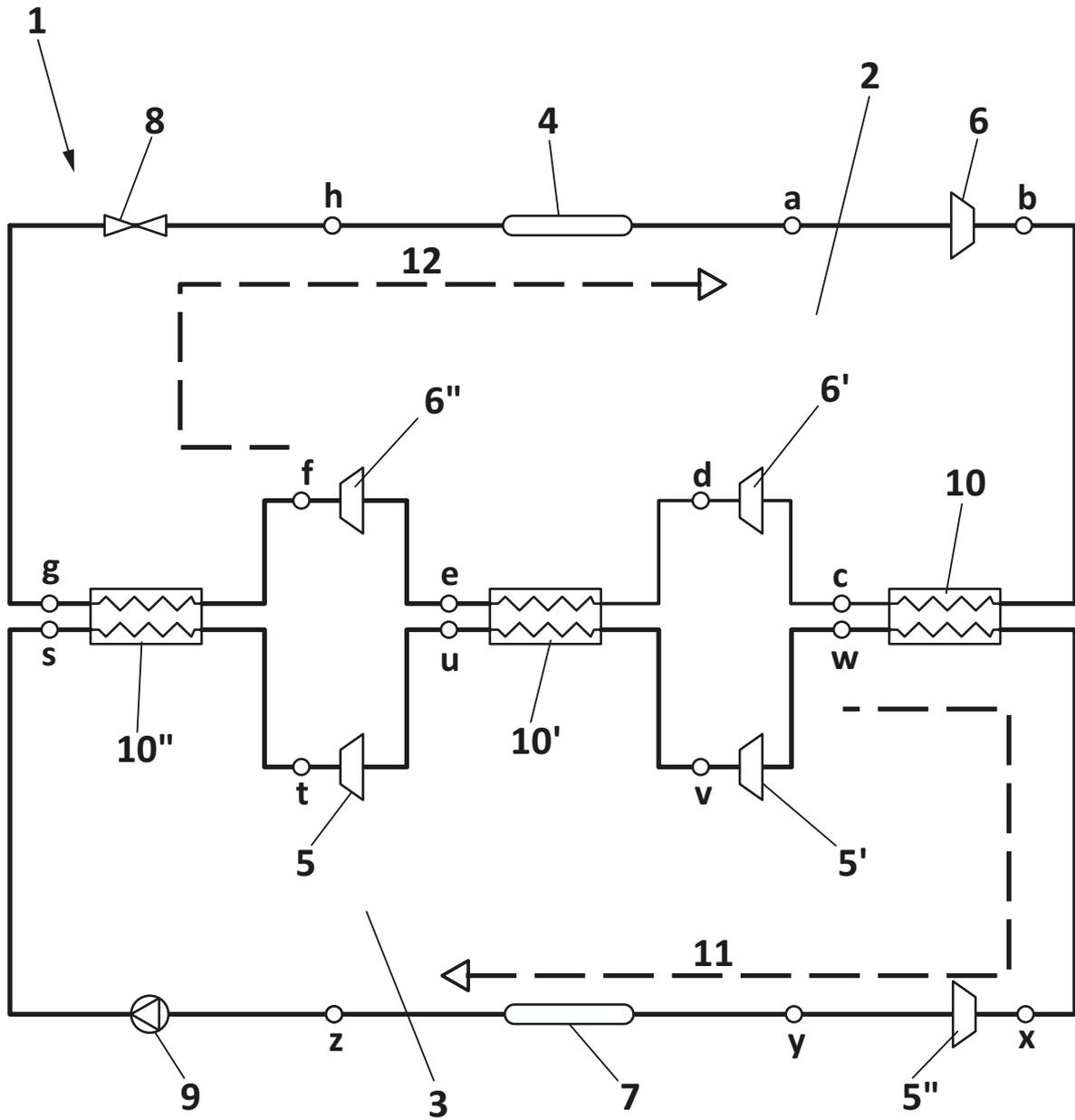


FIG. 1

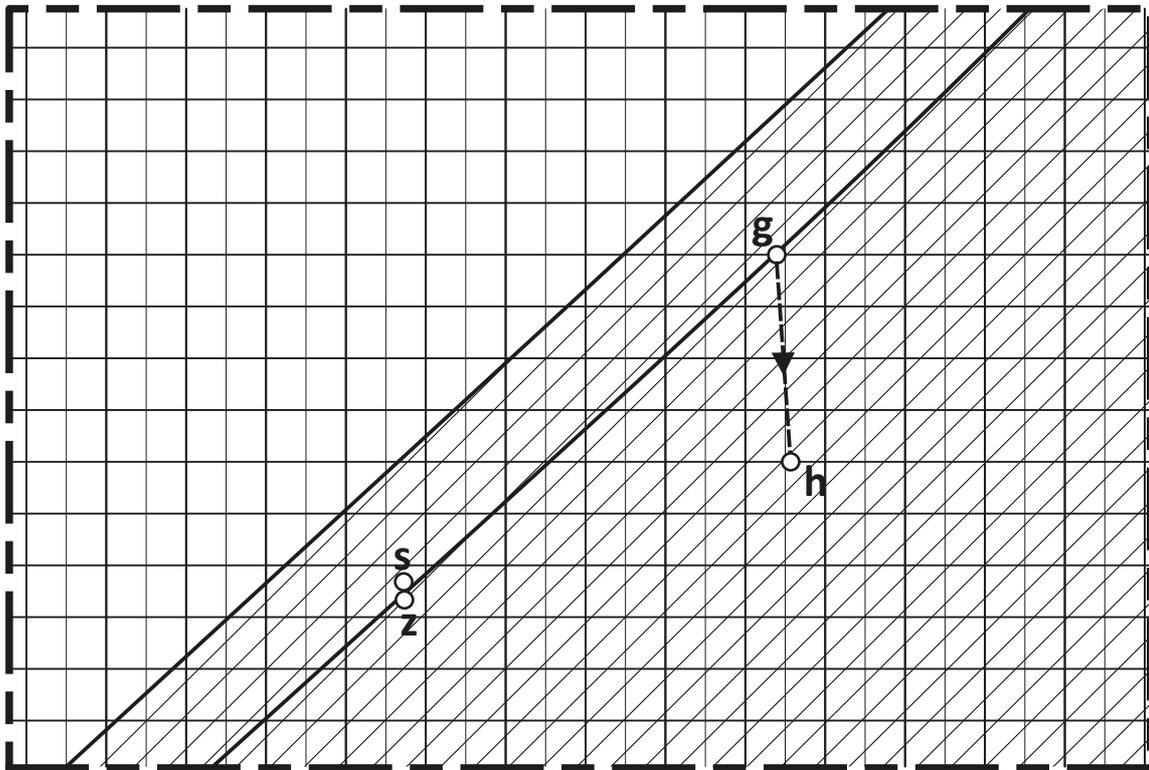


FIG. 2b



- ②① N.º solicitud: 201630223
②② Fecha de presentación de la solicitud: 26.02.2016
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **F03G7/04** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	CN 101397983 A (ZUOGUO WANG ZUOGUO WANG) 01/04/2009, resumen en inglés de EPOQUE de la base de datos WPI AN: 2009-H20727; páginas 6-11; figura.	1-11
X	CN 102213199 A (DEC DONGFANG TURBINE CO LTD) 12/10/2011, resumen en inglés de EPOQUE de la base de datos EPODOC AN: CN-201110147353-A; figura 3.	1-11
X	US 2009126381 A1 (DIAZ GERARDO C) 21/05/2009, Resumen; párrafos 14-23; figura 1.	1-11
X	EP 2765281 A1 (INGENIERIA I MAS D TEC RATIO S L INGENIERIA I MAS D TEC RATIO SLPU) 13/08/2014, Resumen; párrafos 31-38; figuras 1, 2, 5, 6, 10, 18.	1-11
A	US 4037413 A (HELLER LASZLO et al.) 26/07/1977, resumen; columna 2 línea 31- columna 5 línea 33; figuras.	1-11

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<p>Fecha de realización del informe 07.02.2017</p>	<p>Examinador P. Del Castillo Penabad</p>	<p>Página 1/4</p>
---	--	------------------------------

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

F03G

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

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 07.02.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 2, 6-8, 10 y 11	SI
	Reivindicaciones 1, 3-5 y 9	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-11	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	CN 101397983 A (ZUOGUO WANG ZUOGUO WANG)	01.04.2009

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera que el documento D01 (CN101397983) es, del estado de la técnica, el más próximo al objeto reivindicado. Este documento D01 (las referencias se refieren a este documento) describe (resumen en inglés de EPOQUE de la base de datos WPI AN: 2009-H20727; páginas 6-11; figura) un sistema termodinámico para la generación de energía eléctrica que comprende:

- Un circuito de compresión con un primer fluido de trabajo compresible y capaz de absorber calor, circuito que comprende:
 - o Un evaporador (19) del primer fluido de trabajo a partir de la energía térmica ambiental (agua de la superficie), estando dicho evaporador expuesto a una temperatura superior a la que está expuesto el condensador,
 - o Un compresor (1) del primer fluido de trabajo
- Un circuito de potencia con un segundo fluido de trabajo compresible y capaz de absorber calor, circuito que contiene:
 - o Una turbina (3) que genera energía gracias a la expansión del segundo fluido,
 - o Un condensador (5) que libera al exterior calor
- Al menos un intercambiador de calor (14, 15) situado entre ambos circuitos para transferir calor del primer fluido al segundo fluido

Todas las características esenciales de la reivindicación 1 de la solicitud se encuentran en D01 por lo que esta reivindicación carece de novedad.

Las reivindicaciones 2-11 se refieren a cuestiones prácticas correspondientes a detalles, que son conocidos previamente del documento citado (reivindicaciones 3-5 y 9) o son opciones obvias para un experto en la materia. El intervalo de temperaturas seleccionado en la reivindicación 2 no genera un efecto técnico sorprendente, y sería una opción obvia que el experto en la materia elegiría sin hacer uso de actividad inventiva. La utilización de una válvula de expansión/estrangulamiento o una turbina antes del evaporador del circuito de compresión (reivindicaciones 6-8 y 11) son prácticas conocidas ampliamente en el sector. La colocación del evaporador y compresor exteriores/en contacto con agua son opciones de diseño obvias entre las que el experto en la materia elegiría sin hacer uso de actividad inventiva. La utilización de agua como fluido de trabajo (reivindicación 10) no es coherente con la reivindicación 1 de la que depende en la que se indica que los fluidos han de ser compresibles, por lo que se ha entendido que se refiere a cualquier fluido por poco compresible que sea. El uso de agua como fluido de trabajo es una opción de diseño obvia para el experto en la materia por lo que éste la elegiría sin hacer uso de actividad inventiva.

Por lo tanto las reivindicaciones 2-11 no implican actividad inventiva.

Por todo lo anterior las reivindicaciones 1, 3-5 y 9 de la solicitud no son nuevas y las reivindicaciones 2, 6-8, 10 y 11 son nuevas pero no implican actividad inventiva según los artículos 6 y 8 de la Ley 11/86 de Patentes.