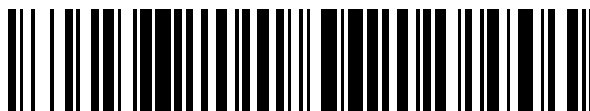


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 932**

51 Int. Cl.:

F01K 17/00 (2006.01)

F01K 25/08 (2006.01)

F25B 30/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2009 E 09805750 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014 EP 2379848**

54 Título: **Dispositivo de producción de electricidad con varias bombas de calor en serie**

30 Prioridad:

19.12.2008 FR 0858836

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

13.02.2015

73 Titular/es:

**XEDA INTERNATIONAL (100.0%)
Zone Artisanale la Crau Route Nationale 7
13670 Saint Andiol, FR**

72 Inventor/es:

SARDO, ALBERTO

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 528 932 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de producción de electricidad con varias bombas de calor en serie

- 5 **[0001]** La invención se refiere, en general, a dispositivos de producción de electricidad.
- [0002]** Los dispositivos de producción de electricidad conocidos hoy en día contribuyen al calentamiento atmosférico (central de combustible fósil o vegetal) o son neutros frente al calentamiento atmosférico (central hidráulica, eólica, central nuclear). Los dispositivos de producción de electricidad que funcionan con energía solar contribuyen a reducir el calentamiento atmosférico, convirtiendo la energía solar en energía eléctrica. Sin embargo, dichas instalaciones de energía solar no son generalmente muy potentes, debido a que el calor del sol solamente está disponible a baja temperatura. Para elevar la temperatura, es necesario concentrar los rayos del sol, lo que es técnicamente complejo.
- 10 **[0003]** La energía solar es, por lo tanto, útil para calentar el agua o el aire, pero está mal adaptada a la producción masiva de energía eléctrica. Las células fotovoltaicas están, por el momento, en condiciones de suministrar solamente pequeñas cantidades de energía eléctrica.
- [0004]** Por otro lado, es conocido que las bombas de calor permiten la producción de calor a una temperatura superior a la del aire ambiente. La bomba de calor absorbe la energía del aire ambiente y suministra calor con una diferencia de temperatura generalmente del orden de 30 a 40°C con respecto al aire ambiente. Dichas máquinas no están adaptadas a la producción de energía eléctrica, a causa de la escasa diferencia de temperatura entre los puntos caliente y frío de la bomba de calor.
- 25 **[0005]** El documento DE102004006837 describe un dispositivo de producción de electricidad según el preámbulo de la reivindicación 1.
- [0006]** El documento DE3433366 describe un dispositivo que comprende dos bombas de calor en serie, previsto para calentar un fluido de limpieza.
- 30 **[0007]** El documento GB201668 describe un sistema de recuperación de energía térmica a baja temperatura en una instalación industrial, con varias bombas de calor colocadas en serie.
- [0008]** En este contexto, la invención pretende proponer un dispositivo de producción de electricidad que contribuye a limitar el calentamiento atmosférico, y que permite producir electricidad en grandes cantidades con una eficacia aceptable.
- 35 **[0009]** Con este fin, la invención se refiere a un dispositivo de producción de electricidad según la reivindicación 1:
- 40 **[0010]** El dispositivo de producción también puede presentar una o varias de las características a continuación, consideradas individualmente o según todas las combinaciones técnicamente posibles:
- los medios para transferir una cantidad de calor del primer fluido termoportador al segundo fluido termoportador comprenden una tercera bomba de calor, provista de un cuarto circuito cerrado, en el que circula un cuarto fluido termoportador, de un tercer intercambiador de calor entre el primer fluido termoportador y el cuarto fluido termoportador, en el que el primer fluido termoportador cede una cantidad de calor al cuarto fluido termoportador, y de un cuarto intercambiador de calor entre el cuarto fluido termoportador y el segundo fluido termoportador, en el que el cuarto fluido termoportador cede una cantidad de calor al segundo fluido termoportador;
 - 50 - el primer fluido termoportador presenta, en una entrada del tercer intercambiador de calor, una presión comprendida entre 18 y 22 bares y una temperatura comprendida entre 220 y 270°C, presentando el primer fluido termoportador, en una entrada del primer intercambiador de calor, una presión comprendida entre 2 y 6 bares y una temperatura comprendida entre 0 y 20°C;
 - 55 - el cuarto fluido termoportador presenta, en una entrada del cuarto intercambiador de calor, una presión comprendida entre 17 y 22 bares y una temperatura comprendida entre 290 y 330°C, presentando el cuarto fluido termoportador, en una entrada del tercer intercambiador de calor, una presión comprendida entre 2 y 6 bares y una temperatura comprendida entre 30 y 70°C;

- el segundo fluido termoportador presenta, en una entrada del segundo intercambiador de calor, una presión comprendida entre 13 y 17 bares y una temperatura comprendida entre 340 y 390°C, presentando el segundo fluido termoportador, en una entrada del cuarto intercambiador de calor, una presión comprendida entre 1 y 5 bares y una temperatura comprendida entre 90 y 130°C;
 - el primer fluido termoportador comprende esencialmente propano;
 - el segundo fluido termoportador comprende esencialmente hexano;
 - 10 - el cuarto fluido termoportador comprende esencialmente butano;
 - el tercer fluido termoportador comprende esencialmente agua.
- 15 **[0011]** Otras características y ventajas de la invención surgirán de la descripción detallada que se da de la misma a continuación, a título indicativo y en absoluto limitante, en referencia a la figura única adjunta que representa esquemáticamente un dispositivo de producción de electricidad según la invención.
- [0012]** El dispositivo representado en la figura adjunta está destinado a la producción de electricidad. El
20 dispositivo comprende una turbina de vapor, intercalada en un circuito de agua/vapor, obteniéndose el calor necesario para suministrar vapor de agua a alta presión a la turbina por medio de varias bombas de calor colocadas en serie. De este modo, el calor necesario para la producción de vapor a alta presión es, esencialmente, tomado de la atmósfera.
- 25 **[0013]** Más exactamente, el dispositivo de producción de electricidad comprende:
- primera, segunda y tercera bombas de calor 3, 5 y 7;
 - un circuito de agua/vapor 9;
 - 30 - una turbina de vapor 11 intercalada en el circuito de agua/vapor 9;
 - un generador eléctrico 13, accionado mecánicamente por la turbina 11.
- 35 **[0014]** La primera bomba de calor 3 comprende un primer circuito cerrado 15, en el que circula un primer fluido termoportador, un primer intercambiador de calor 17 entre el primer fluido termoportador y el aire atmosférico, un compresor 19 y una válvula de expansión 21.
- [0015]** El primer fluido termoportador comprende esencialmente propano. Ventajosamente, el primer fluido
40 termoportador es propano técnicamente puro.
- [0016]** El primer intercambiador de calor 17 comprende un primer lado en el que circula el aire atmosférico, y un segundo lado en el que circula el propano. Preferentemente, el dispositivo comprende medios para forzar la circulación de aire del primer lado del intercambiador de calor 17. Estos medios pueden comprender, por ejemplo,
45 ventiladores o cualquier tipo de equipo análogo.
- [0017]** La segunda bomba de calor 5 comprende un segundo circuito cerrado 23 en el que circula un segundo fluido termoportador, un segundo intercambiador de calor 25 entre el segundo fluido termoportador y el fluido que circula en el circuito de agua/vapor 9, un compresor 27 y una válvula de expansión 29.
50
- [0018]** El segundo fluido termoportador comprende esencialmente hexano. Por ejemplo, el segundo fluido termoportador es hexano técnicamente puro.
- [0019]** El segundo intercambiador de calor 25 comprende un primer lado en el que circula el segundo fluido
55 termoportador, y un segundo lado en el que circula agua en forma líquida o de vapor. El agua constituye un tercer fluido termoportador.
- [0020]** El agua que circula en el circuito de agua/vapor 9 penetra en el intercambiador de calor 25 en forma de vapor por la entrada 31 y en forma líquida por la entrada 33, recibe el calor cedido por el segundo fluido

termoportador, y sale del intercambiador de calor 25 en forma de vapor de agua por las salidas 35 y 37.

- [0021]** La tercera bomba de calor 7 comprende un tercer circuito cerrado 39 en el que circula un cuarto fluido termoportador, un tercer intercambiador de calor 41 entre dicho cuarto fluido termoportador y el primer fluido termoportador de la primera bomba de calor 3, un cuarto intercambiador de calor 43 entre dicho cuarto fluido termoportador y el segundo fluido termoportador de la segunda bomba de calor 5, un compresor 45 y una válvula de expansión 47. El intercambiador de calor 41 presenta un primer lado en el que circula el primer fluido de intercambio de calor, y un segundo lado en el que circula el cuarto fluido de intercambio de calor.
- 10 **[0022]** El cuarto intercambiador de calor 43 presenta un primer lado en el que circula el cuarto fluido de intercambio de calor y un segundo lado en el que circula el segundo fluido de intercambio de calor.
- [0023]** El cuarto fluido de intercambio de calor comprende, preferentemente, esencialmente butano. Por ejemplo, el cuarto fluido de calor es butano técnicamente puro.
- 15 **[0024]** El circuito de agua/vapor 9 comprende primeros y segundos bucles 49 y 51. El mismo fluido termoportador circula en los dos bucles.
- [0025]** El primer bucle 49 comprende una primera tubería caliente 53 que conecta la salida de vapor 35 del segundo intercambiador de calor con una entrada a alta presión 55 de la turbina 11. El primer bucle comprende también una tubería de retorno 57 que conecta una salida a baja presión 59 de la turbina con la entrada de vapor 31 del segundo intercambiador de calor. El primer bucle 49 comprende también un compresor 61 intercalado en la primera tubería caliente 53.
- 20 **[0026]** El segundo bucle 51 del circuito de agua/vapor comprende una segunda tubería caliente que conecta la segunda salida de vapor 37 del intercambiador de calor 25 con la entrada a alta presión 55 de la turbina de vapor.
- [0027]** El segundo bucle comprende también un intercambiador de calor intermedio 65 entre el primer fluido termoportador y el tercer fluido termoportador, una tubería intermedia 67 que conecta la salida a baja presión 59 de la turbina de vapor con una entrada 69 del intercambiador intermedio, y una segunda tubería de retorno que conecta una salida 73 del intercambiador intermedio con la entrada de líquido 33 del segundo intercambiador de calor 25. El segundo bucle comprende además un compresor 75 intercalado en la tubería de retorno 71.
- 30 **[0028]** El intercambiador intermedio 65 comprende un primer lado en el que circula el primer fluido termoportador, y un segundo lado en el que circula el tercer fluido termoportador, desde la entrada 69 hasta la salida 73.
- [0029]** El circuito cerrado 15 conecta una salida de descarga del compresor 19 con una entrada del primer lado del intercambiador de calor 41. El circuito 15 conecta, por otro lado, la salida de dicho primer lado con la entrada de la válvula de expansión 21. La salida de la válvula de expansión 21 está conectada por el circuito 15 con una entrada del segundo lado del intercambiador de calor 17. El circuito conecta, por otro lado, la salida del segundo lado del intercambiador 17 con la entrada del primer lado del intercambiador 65 y la salida del primer lado del intercambiador 65 con la aspiración del compresor 19.
- 40 **[0030]** El primer fluido termoportador es gaseoso entre la salida del intercambiador 17 y la entrada del intercambiador 41. El primer fluido es líquido entre la salida del intercambiador 41 y la entrada del intercambiador 17. En el intercambiador 17, el primer fluido termoportador está en contacto térmico con el aire circulante del primer lado de este intercambiador. El aire cede calor al primer fluido termoportador. El primer fluido termoportador se vaporiza durante su paso por el primer intercambiador de calor 17.
- 45 **[0031]** En el intercambiador intermedio 65, el primer fluido termoportador que circula por el primer lado del intercambiador está en contacto térmico con el vapor de agua que circula por el segundo lado del intercambiador. El vapor de agua es condensado al menos parcialmente al atravesar el intercambiador intermedio y cede calor al primer fluido termoportador.
- 50 **[0032]** El primer fluido termoportador que circula por el primer lado del intercambiador de calor 41 está en contacto térmico con el cuarto fluido termoportador que circula por el segundo lado del intercambiador 41. El primer fluido termoportador es condensado al atravesar el intercambiador 41 y cede calor al tercer fluido termoportador.
- 55

[0033] El tercer circuito cerrado 39 conecta la descarga del compresor 45 con una entrada del primer lado del intercambiador de calor 43. También conecta la salida de dicho primer lado del intercambiador de calor 43 con una entrada de la válvula de expansión 47. El circuito cerrado 39 conecta también la salida de la válvula de expansión 47 con una entrada del segundo lado del intercambiador de calor 41. Finalmente, el circuito 39 conecta una salida de dicho segundo lado del intercambiador 41 con la aspiración del compresor 45.

[0034] Como se indica a continuación, el cuarto fluido termoportador está en contacto térmico con el primer fluido termoportador al atravesar el intercambiador de calor 41 y recibe calor de éste. El cuarto fluido termoportador es vaporizado en el intercambiador de calor 41. El cuarto fluido termoportador que atraviesa el primer lado del intercambiador de calor 43 está en contacto térmico con el segundo fluido termoportador que circula por el segundo lado del intercambiador 43. El cuarto fluido termoportador es condensado al atravesar el intercambiador de calor 43 y cede calor al segundo fluido termoportador.

[0035] El cuarto fluido termoportador está en estado gaseoso entre la salida del segundo lado del intercambiador de calor 41 y la entrada del primer lado del intercambiador de calor 43. El cuarto fluido está en estado líquido entre la salida del primer lado del intercambiador 43 y la entrada del segundo lado del intercambiador 41.

[0036] El segundo circuito cerrado 23 conecta la descarga del compresor 27 con una entrada del primer lado del intercambiador de calor 25. También conecta una salida del primer lado del intercambiador de calor 25 con una entrada de la válvula de expansión 29. El circuito 23 conecta también la salida de la válvula de expansión 29 con la entrada del segundo lado del intercambiador 43, y la salida de dicho segundo lado con la aspiración del compresor 27. El segundo fluido termoportador que atraviesa el segundo lado del intercambiador 43 está en contacto térmico con el cuarto fluido termoportador. El segundo fluido recibe calor del cuarto fluido termoportador al atravesar el intercambiador 43 y es vaporizado.

[0037] El segundo fluido termoportador está en contacto térmico con el tercer fluido termoportador en el intercambiador de calor 25. Al atravesar el primer lado del intercambiador de calor 25, es condensado y cede calor al tercer fluido termoportador.

[0038] El segundo fluido termoportador está en estado gaseoso entre la salida del segundo lado del intercambiador 43 y la entrada del primer lado del intercambiador de calor 25. El segundo fluido está en estado líquido entre la salida del primer lado del intercambiador de calor 25 y la entrada del segundo lado del intercambiador de calor 43.

[0039] El intercambiador de calor 25 es, por ejemplo, un intercambiador de dos zonas, una primera zona que permite calentar el vapor de agua que circula en el primer bucle, y una segunda zona que permite vaporizar el agua que circula en el segundo bucle. El segundo fluido termoportador que circula por el primer lado del intercambiador de calor 25 se pone, en primer lugar, en contacto térmico con el fluido que circula en el segundo bucle, y a continuación se pone en contacto térmico con el fluido que circula en el primer bucle. El segundo lado del intercambiador térmico 25 comprende dos circuitos distintos, uno entre la entrada 33 y la salida 37 y el otro entre la entrada 31 y la salida 35. Estos dos circuitos están físicamente separados.

[0040] El agua está en estado de vapor en el primer bucle entre la salida 35 y la entrada a alta presión 55 de la turbina. El agua está en estado de vapor, cerca de la temperatura de saturación, entre la salida a baja presión 59 de la turbina y la entrada 31 del segundo intercambiador de calor. En el segundo bucle, el agua está en estado de vapor entre la salida 37 del segundo intercambiador de calor y la entrada a alta presión 55 de la turbina. El agua está en estado de vapor, cerca de la temperatura de saturación, entre la salida a baja presión 59 de la turbina y la entrada 69 del intercambiador intermedio 65. El vapor es al menos parcialmente condensado en el intercambiador 65. El agua está en forma líquida entre la descarga del compresor 75 y la entrada 33 del segundo intercambiador de calor.

[0041] El funcionamiento del dispositivo descrito anteriormente se detallará a continuación.

[0042] El aire atmosférico que circula por el segundo lado del intercambiador de calor 17 cede su calor al primer fluido termoportador. Por ejemplo, el aire atmosférico presenta una diferencia de temperatura de 12°C entre la entrada y la salida del intercambiador 17. El caudal de aire atmosférico es de aproximadamente 1 millón de m³/h. Por ejemplo, el aire presenta, en la entrada del intercambiador 17, una temperatura de 12°C y una temperatura de 0°C a la salida del intercambiador 17.

[0043] El caudal de propano en el primer circuito cerrado 15 es de aproximadamente 40 t/h. El propano es vaporizado en el intercambiador 17. Presenta una presión de 4 bares y una temperatura de aproximadamente 0°C en la entrada del intercambiador 17, y una temperatura de 10°C en la salida del intercambiador 17. El propano se calienta en el intercambiador intermedio 65. El propano presenta una presión de 4 bares y una temperatura de 179°C aproximadamente en la salida del intercambiador intermedio 65. El propano es comprimido por el compresor 19 y presenta una presión de 20 bares y una temperatura de aproximadamente 245°C en la descarga del compresor 19. Al atravesar el intercambiador de calor 41, el propano es condensado. El propano presenta, en la salida del intercambiador de calor 41, una presión de aproximadamente 20 bares y una temperatura de aproximadamente 60°C. El propano experimenta finalmente una expansión al atravesar la válvula de expansión 21 y presenta, en la salida de esta válvula, una presión de 4 bares y una temperatura de aproximadamente 0°C.

[0044] El butano que circula en el cuarto circuito cerrado 39 presenta una presión de 4 bares y una temperatura de aproximadamente 50°C en la entrada del intercambiador de calor 41. El butano es vaporizado al atravesar este intercambiador y presenta, en la salida, una presión de 4 bares y una temperatura de aproximadamente 240°C. El butano es comprimido a continuación por el compresor 45 hasta una presión de 19 bares y una temperatura de aproximadamente 310°C. El butano es condensado al atravesar el intercambiador de calor 43, y presenta una presión de aproximadamente 19 bares y una temperatura de aproximadamente 116°C en la salida del intercambiador de calor 43. El butano experimenta a continuación una expansión al atravesar la válvula de expansión 47, hasta una presión de 4 bares y una temperatura de aproximadamente 50°C. El caudal de butano en el cuarto circuito cerrado es de aproximadamente 52 t/h.

[0045] El caudal de hexano en el segundo circuito cerrado 23 es de aproximadamente 50 t/h. El hexano presenta una presión de 2,5 bares y una temperatura de 110°C en la entrada del intercambiador de calor 43. El hexano es vaporizado en el intercambiador de calor 43 y presenta una presión de 2,5 bares y una temperatura de 305°C en la salida del intercambiador 43. El hexano es comprimido a continuación por el compresor 27 hasta una presión de 15 bares y una temperatura de 365°C. El hexano es condensado al atravesar el intercambiador de calor 25 y experimenta a continuación una expansión al atravesar la válvula de expansión 29.

[0046] El caudal de agua en el tercer circuito cerrado 9 es, en total, de aproximadamente 65,2 t/h. El caudal de agua en el primer bucle es de aproximadamente 62 t/h y el caudal de agua en el segundo bucle es de aproximadamente 3,2 t/h. En la entrada 31 en el segundo intercambiador de calor, el vapor de agua que circula en el primer bucle presenta una presión de 9 bares y una temperatura de aproximadamente 180°C. El vapor de agua se sobrecalienta al atravesar el intercambiador de calor 25, presentando el vapor de agua, en la salida 35, una presión de 9 bares y una temperatura de aproximadamente 360°C. El vapor de agua es comprimido por el compresor 61 hasta una presión de 30 bares y una temperatura de 405°C.

[0047] El agua que circula en el segundo bucle presenta, en la entrada 33 del segundo intercambiador de calor una presión de 30 bares y una temperatura de aproximadamente 180°C. Esta agua es vaporizada en el intercambiador de calor 25 hasta una temperatura de aproximadamente 370°C y una presión de 30 bares aproximadamente. Los primeros y segundos bucles están conectados con la misma entrada 55 de la turbina. Como variante, estos bucles pueden estar conectados con entradas diferentes.

[0048] El vapor de agua acciona la turbina y experimenta al mismo tiempo una expansión. El vapor de agua presenta una presión de 9 bares y una temperatura de 180°C aproximadamente, en la salida a baja presión de la turbina.

[0049] El vapor de agua se subdivide en dos flujos y está orientado, por una parte, hacia la tubería de retorno 57 del primer bucle y, por otra parte, hacia la tubería intermedia 67 del segundo bucle.

[0050] El vapor de agua es condensado al menos parcialmente en el intercambiador intermedio 65, permaneciendo la presión y la temperatura prácticamente constantes. El agua presenta, en la entrada del compresor 75, una presión de 9 bares y una temperatura de 180°C y, en la descarga de dicho compresor, una presión de 30 bares y una temperatura de 180°C.

[0051] El balance energético del dispositivo es el siguiente: el aire atmosférico cede al propano aproximadamente 3.700.000 kcal/hora. El propano recibe, en el intercambiador intermedio 65, aproximadamente 1.660.000 kcal/hora. También recibe durante la compresión por el compresor 19 aproximadamente 550.000 kcal/hora. El propano cede al butano, en el intercambiador de calor 41, aproximadamente 5.900.000 kcal/hora.

[0052] El butano recibe, durante la compresión por el compresor 45, aproximadamente 600.000 kcal/hora. El butano cede aproximadamente 6.500.000 kcal/hora en el intercambiador 43.

5 **[0053]** El hexano recibe aproximadamente 600.000 kcal/hora durante la compresión por el compresor 27. El hexano cede aproximadamente 7.000.100 kcal/hora al agua en el intercambiador de calor 25. Por otro lado, el agua que circula en el primer bucle recibe, durante la compresión por el compresor 61, aproximadamente 550.000 kcal/hora. Se despreciará la energía recibida por el agua que circula en el segundo bucle, durante la compresión por el compresor 75.

10 **[0054]** De este modo, la energía aportada a la turbina es de aproximadamente 6.000.000 kcal/hora, teniendo en cuenta el calor cedido por el vapor del segundo bucle en el intercambiador intermedio 65. El rendimiento eléctrico del conjunto turboalternador 11 y 13 es de aproximadamente el 70%. El alternador 13 produce, por lo tanto, aproximadamente 4.000.200 kcal/hora de electricidad, o una potencia eléctrica de 4.900 kW.

15 **[0055]** El consumo eléctrico de los diferentes compresores 19, 27, 45, 61 y 75 son respectivamente 750 kW, 900 kW, 900 kW, 800 kW, 20 kW. El consumo de los ventiladores destinados a forzar la circulación de aire atmosférico a través del intercambiador 17 se estima en aproximadamente 100 kW.

20 **[0056]** El dispositivo de producción de electricidad presenta, por lo tanto, un saldo energético positivo de aproximadamente 1400 kW.

[0057] El dispositivo de producción de electricidad descrito anteriormente presenta múltiples ventajas.

25 **[0058]** Debido a que este dispositivo comprende:

- una primera bomba de calor, provista de un primer circuito cerrado, en el que circula un primer fluido termoportador, y de un primer intercambiador de calor entre el primer fluido termoportador y un fluido de aire atmosférico, en el que el flujo de aire atmosférico cede una cantidad de calor al primer fluido termoportador,

30 - al menos una segunda bomba de calor, provista de un segundo circuito cerrado, en el que circula un segundo fluido termoportador, y de un segundo intercambiador de calor entre el segundo fluido termoportador y un tercer fluido termoportador, en el que el segundo fluido termoportador cede una cantidad de calor al tercer fluido termoportador;

35 - medios para transferir una cantidad de calor del primer fluido termoportador al segundo fluido termoportador;

- un tercer circuito cerrado, en el que circula el tercer fluido termoportador;

40 - una turbina intercalada en el tercer circuito cerrado y accionada por el tercer fluido termoportador; y

- un generador eléctrico, accionado mecánicamente por la turbina,

45 el dispositivo de producción de electricidad toma el calor del entorno, al tiempo que produce electricidad. El dispositivo saca partido de que, en las bombas de calor, para un 1 kW de energía aplicada particularmente para la compresión del gas termoportador, es posible obtener 5 kW de energía térmica. El hecho de colocar varias bombas de calor en serie, unas detrás de otras, permite elevar en cada etapa la temperatura del fluido termoportador, hasta una temperatura que permite producir vapor en cantidad suficiente para accionar una turbina de vapor acoplada a un generador eléctrico. De este modo, el hecho de utilizar varias bombas de calor en serie permite paliar el defecto de las bombas de calor, que es permitir solamente una pequeña diferencia de temperatura entre el flujo de calor absorbido y el flujo de calor proporcionado por la bomba de calor.

50 **[0059]** Los fluidos termoportadores se seleccionan de tal manera que la temperatura de condensación del fluido de una bomba de calor dada corresponda prácticamente a la temperatura de ebullición del fluido termoportador de la bomba de calor siguiente en la serie.

[0060] De este modo, comprimiendo cada fluido termoportador con un compresor, y a continuación condensándolo mediante intercambio térmico con un fluido más volátil, estando esta etapa seguida por una expansión, es posible hacer absorber el calor de cada fluido termoportador por el fluido menos volátil utilizado por la

bomba de calor siguiente de la serie. De este modo se obtiene un aumento, progresivo por niveles, de la temperatura del fluido termoportador hasta alcanzar aproximadamente 400°C.

5 **[0061]** Dos bombas de calor en serie pueden ser suficientes para producir electricidad, pero es ventajoso utilizar al menos tres de ellas para obtener un rendimiento energético suficiente.

10 **[0062]** La utilización de propano, de butano y de hexano como fluidos termoportadores en las tres bombas de calor colocadas en serie es particularmente ventajosa, ya que estos fluidos presentan características bien adaptadas para el objetivo buscado.

10 **[0063]** Del mismo modo, los perfiles de presión y de temperatura descritos anteriormente para los fluidos termoportadores de las tres bombas de calor están particularmente bien adaptados.

15 **[0064]** El hecho de subdividir el circuito de vapor en dos bucles, con un bucle que permite sobrecalentar el fluido termoportador de la primera bomba de calor antes de la compresión, permite optimizar el rendimiento energético total del dispositivo. El rodamiento eléctrico del conjunto turbina/alternador es, de este modo, superior al 60%, por ejemplo del orden del 70%.

20 **[0065]** El dispositivo de producción de electricidad descrito anteriormente puede presentar múltiples variantes.

25 **[0066]** El dispositivo puede comprender solamente dos bombas de calor o tres bombas de calor, o más de tres bombas de calor en serie unas con otras, en función de la potencia a obtener y de los fluidos termoportadores utilizados.

30 **[0067]** Los fluidos termoportadores utilizados en las diferentes bombas de calor pueden ser de cualquier tipo, siempre que la temperatura de condensación de un fluido termoportador utilizado en una bomba de calor dada corresponda prácticamente a la temperatura de ebullición del fluido termoportador utilizado en la bomba de calor siguiente en la serie.

30 **[0068]** Del mismo modo, los perfiles de presión y de temperatura pueden variar para cada una de las bombas de calor, en función de la potencia térmica a transferir y de los fluidos termoportadores utilizados.

35 **[0069]** El circuito de agua/vapor podría comprender solamente un único bucle.

[0070] El intercambiador de calor 25 entre el segundo fluido termoportador y el agua puede estar constituido por un intercambiador con varias zonas o puede estar constituido por varios intercambiadores de calor físicamente independientes unos de otros.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) de producción de electricidad, que comprende:
- 5 - una primera bomba de calor (3), provista de un primer circuito cerrado (15) en el que circula un primer fluido termoportador, y de un primer intercambiador de calor (17) entre el primer fluido termoportador y un flujo de aire atmosférico, en el que el flujo de aire atmosférico cede una cantidad de calor al primer fluido termoportador,
 - al menos una segunda bomba de calor (5), provista de un segundo circuito cerrado (23) en el que circula un segundo fluido termoportador, y de un segundo intercambiador de calor (25) entre el segundo fluido termoportador y un tercer fluido termoportador, en el que el segundo fluido termoportador cede una cantidad de calor al tercer fluido termoportador;
 - medios para transferir una cantidad de calor del primer fluido termoportador al segundo fluido termoportador;
 - 15 - un tercer circuito cerrado (9), en el que circula el tercer fluido termoportador;
 - una turbina (11) intercalada en el tercer circuito cerrado (9) y accionada por el tercer fluido termoportador;
 - 20 - un generador eléctrico (13), accionado mecánicamente por la turbina (11);
 - comprendiendo el tercer circuito cerrado (9) primer y segundo bucles (49, 51) en los que circula el tercer fluido termoportador, teniendo el primer bucle (49) una primera tubería de retorno (57) que conecta una salida a baja presión (59) de la turbina (11) con una entrada (31) del segundo intercambiador de calor (25), teniendo el segundo bucle (51) una tubería intermedia (67) que conecta una salida a baja presión (59) de la turbina (11) con una entrada (69) del intercambiador de calor intermedio (65), y una segunda tubería de retorno (71) que conecta una salida (73) del intercambiador intermedio (65) con una entrada (33) del segundo intercambiador de calor (25), **caracterizado porque** cada uno de los primer y segundo bucles (49, 51) tiene una tubería caliente (53, 63) que conecta una salida (35, 37) del segundo intercambiador de calor (25) con una entrada a alta presión (55) de la turbina (11), cediendo el tercer fluido termoportador una cantidad de calor al primer fluido termoportador, en el intercambiador de calor intermedio (65).
 - 25
 - 30
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios para transferir una cantidad de calor del primer fluido termoportador al segundo fluido termoportador comprenden una tercera bomba de calor (7), provista de un cuarto circuito cerrado (39) en el que circula un cuarto fluido termoportador, de un tercer intercambiador de calor (41) entre el primer fluido termoportador y el cuarto fluido termoportador, en el que el primer fluido termoportador cede una cantidad de calor al cuarto fluido termoportador, y de un cuarto intercambiador de calor (43) entre el cuarto fluido termoportador y el segundo fluido termoportador, en el que el cuarto fluido termoportador cede una cantidad de calor al segundo fluido termoportador.
- 35
- 40
3. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el primer fluido termoportador presenta, en una entrada del tercer intercambiador de calor (41), una presión comprendida entre 18 y 22 bares y una temperatura comprendida entre 220 y 270°C, presentando el primer fluido termoportador, en una entrada del primer intercambiador de calor (17), una presión comprendida entre 2 y 6 bares y una temperatura comprendida entre 0 y 45 20°C.
4. Dispositivo según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado porque** el cuarto fluido termoportador presenta, en una entrada del cuarto intercambiador de calor (43), una presión comprendida entre 17 y 22 bares y una temperatura comprendida entre 290 y 330°C, presentando el cuarto fluido termoportador, en una entrada del tercer intercambiador de calor (41), una presión comprendida entre 2 y 6 bares y una temperatura comprendida entre 30 y 70°C.
- 50
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado porque** el segundo fluido termoportador presenta, en una entrada del segundo intercambiador de calor (25), una presión comprendida entre 13 y 17 bares y una temperatura comprendida entre 340 y 390°C, presentando el segundo fluido termoportador, en una entrada del cuarto intercambiador de calor (43), una presión comprendida entre 1 y 5 bares y una temperatura comprendida entre 90 y 130°C.
- 55
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el primer fluido

termoportador comprende esencialmente propano.

7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el segundo fluido termoportador comprende esencialmente hexano.

5

8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizado porque** el cuarto fluido termoportador comprende esencialmente butano.

9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** el tercer fluido
10 termoportador comprende esencialmente agua.

10. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** la turbina (11) y el generador eléctrico (13) presentan juntos un rendimiento eléctrico superior al 60%.

15

