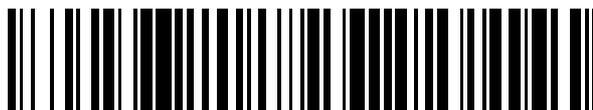


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 811 455**

51 Int. Cl.:

F01K 23/04 (2006.01)

F01K 3/12 (2006.01)

F01K 23/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.08.2017 PCT/GB2017/052313**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.02.2018 WO18033700**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2017 E 17754461 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 3497308**

54 Título: **Aparato y método del ciclo termodinámico**

30 Prioridad:

15.08.2016 GB 201613952

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

12.03.2021

73 Titular/es:

**FUTUREBAY LIMITED (100.0%)
2nd Floor Commercial Wharf 6 Commercial Street
Manchester M15 4PZ, GB**

72 Inventor/es:

**HUTCHINGS, ADRIAN CHARLES y
HENSHAW, IAIN JAMES**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 811 455 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

Aparato y método del ciclo termodinámico

5 Esta invención se refiere a un aparato y método del ciclo termodinámico, que, en particular, puede usarse para el almacenamiento de energía y/o el almacenamiento de calor residual y la recuperación de calor residual en energía útil.

Antecedentes

10 En el campo de la generación de electricidad, a menudo existe un desajuste entre el suministro de electricidad y la demanda de electricidad en un momento dado.

15 Como ejemplo, a menudo es más eficiente operar continuamente centrales eléctricas en lugar de operarlas de manera intermitente para satisfacer la demanda. Sin embargo, dado que la demanda de energía eléctrica fluctúa continuamente (particularmente en la noche, cuando la demanda cae significativamente), el suministro de energía eléctrica desde la estación de energía con frecuencia puede exceder el nivel de demanda. Como otro ejemplo, los generadores de energía renovable a menudo producen niveles fluctuantes de energía debido a la naturaleza impredecible y cambiante de las fuentes renovables (por ejemplo, energía eólica, energía de las olas, intensidad solar, etc.) y esta producción dependiente del tiempo rara vez coincide con la demanda. Por lo tanto, existe la necesidad de sistemas de almacenamiento de energía que puedan usarse para almacenar la energía producida por los generadores de electricidad (por ejemplo, cuando la demanda de dicha energía sea baja), y que posteriormente sean capaces de convertir la energía almacenada en energía eléctrica (por ejemplo, cuando la demanda aumenta).

20 Se conocen varios sistemas de almacenamiento de energía y estos incluyen sistemas que convierten la energía eléctrica en energía térmica que posteriormente se almacena para su uso posterior.

25 La hidroelectricidad de almacenamiento por bombeo (PSH) es actualmente la solución de almacenamiento de energía más efectiva disponible a gran escala. Sin embargo, PSH requiere una montaña y un lago/embalse para beneficiarse de su alta eficiencia de ida y vuelta. Se han planteado otras soluciones de almacenamiento de energía a gran escala, aunque a menudo requieren otras características geográficamente limitadas (por ejemplo, cavernas de sal), plantas criogénicas complicadas y baterías (que no solo tienen una vida efectiva limitada que hace que su economía sea cuestionable, sino que también requieren entornos con clima controlado) lo que agrega una pérdida parasitaria y presenta importantes problemas de seguridad) o tiene altos costes asociados con el desmantelamiento y la eliminación de materiales peligrosos al final de la vida útil.

30 Muchos procesos industriales y comerciales producen energía residual en forma de calor. La capacidad de capturar este calor residual y convertirlo en energía utilizable tiene beneficios tanto financieros como ambientales. Por lo tanto, existe la necesidad de almacenar energía y/o capturar el calor residual.

35 El documento US 2010/257862 describe un aparato para almacenar energía, que comprende: medios de cámara de compresión para recibir un gas, medios de pistón de compresión para comprimir el gas contenido en los medios de la cámara de compresión, primeros medios de almacenamiento de calor para recibir y almacenar energía térmica del gas comprimido por los medios de pistón de compresión, medios de cámara de expansión para recibir gas después de la exposición a los primeros medios de almacenamiento de calor, medios de pistón de expansión para expandir el gas recibido en los medios de cámara de expansión y segundos medios de almacenamiento de calor para transferir energía térmica al gas expandido por los medios de pistón de expansión.

40 El documento US9394807 describe sistemas y métodos para almacenar y recuperar energía termomecánica que incluyen un ciclo o circuito termodinámico que funciona como una bomba de calor en un modo de carga y como un motor térmico en un modo de descarga. El calor se transfiere entre el fluido o los materiales de almacenamiento de calor sólido en los lados de alta y baja presión del ciclo termodinámico, respectivamente.

45 El documento US2016/161158 describe un generador de energía que tiene un ciclo de bomba de calor y al menos un ciclo de generación de energía caliente, los ciclos están configurados uno con respecto al otro para transferir calor allí entre dos o más veces en un solo ciclo para recuperar energía a través de La reutilización de la energía térmica no utilizada que normalmente se descarta en los ciclos termodinámicos convencionales.

50 Es un objeto de ciertas realizaciones de la presente invención superar ciertas desventajas asociadas con la técnica anterior.

55 Es un objeto de ciertas realizaciones de la presente invención almacenar energía y/o capturar calor residual y convertir el calor residual en energía útil.

60 Breve resumen de la descripción

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de ciclo termodinámico que comprende:

- 5 (i) un primer depósito que contiene un primer medio de almacenamiento;
- (ii) un segundo depósito que contiene un segundo medio de almacenamiento;
- 10 (iii) una bomba de calor que tiene un lado frío acoplado térmicamente al primer depósito para enfriar el primer medio de almacenamiento y un lado caliente acoplado térmicamente al segundo depósito para calentar el segundo medio de almacenamiento;
- (iv) un primer circuito termodinámico de un primer fluido de trabajo, el primer circuito termodinámico comprende:
- 15 un primer evaporador para evaporar el primer fluido de trabajo para crear un primer vapor presurizado;
- un primer expansor dispuesto para expandir el primer vapor presurizado; y
- un primer condensador dispuesto para condensar el primer fluido de trabajo recibido del primer expansor y proporcionar el primer fluido de trabajo al primer evaporador, estando el primer condensador acoplado térmicamente al primer depósito;
- 20 (v) un segundo circuito termodinámico de un segundo fluido de trabajo, el segundo circuito termodinámico comprende:
- 25 un segundo evaporador para evaporar el segundo fluido de trabajo para crear un segundo vapor presurizado, estando el segundo evaporador acoplado térmicamente al segundo depósito;
- un segundo expansor dispuesto para expandir el segundo vapor presurizado; y
- un segundo condensador dispuesto para condensar el segundo fluido de trabajo recibido del segundo expansor y proporcionar el segundo fluido de trabajo al segundo evaporador;
- 30 (vi) una entrada de calor auxiliar significativamente conectada térmicamente al primer circuito termodinámico de modo que el calor auxiliar pueda contribuir a la creación del primer vapor presurizado; y
- 35 (vii) unos medios de salida de calor auxiliares conectados térmicamente al segundo circuito termodinámico para que el segundo fluido de trabajo pueda perder calor hacia un disipador de calor auxiliar;
- en el que el primer circuito termodinámico es térmicamente independiente del segundo circuito termodinámico, y el aparato es operable en un modo de carga, un modo de almacenamiento y un modo de descarga;
- 40 en el que en el modo de carga la bomba de calor se energiza para enfriar el primer medio de almacenamiento y calentar el segundo medio de almacenamiento;
- en el modo de almacenamiento, el primer medio de almacenamiento enfriado se almacena en el primer depósito y el segundo medio de almacenamiento calentado se almacena en el segundo depósito; y
- 45 en el modo de descarga, el primer vapor presurizado se expande por el primer expansor y/o el segundo vapor presurizado se expande por el segundo expansor.
- 50 En ciertas realizaciones, uno o ambos del primer expansor y el segundo expansor pueden comprender uno de una turbina, expansor de espiral, expansor de tornillo, turbina Tesla o un motor alternativo. Adicionalmente o alternativamente, uno o ambos del primer expansor y el segundo expansor pueden comprender un generador expansor para generar electricidad.
- 55 Cualquiera o ambos del primer y segundo circuito termodinámico pueden incluir una bomba para hacer circular el primer o segundo fluido de trabajo. El primer condensador puede estar dispuesto para proporcionar el primer fluido de trabajo al primer evaporador a través de la bomba del primer circuito termodinámico y/o el segundo condensador puede estar dispuesto para proporcionar el segundo fluido de trabajo al segundo evaporador a través de la bomba del segundo circuito termodinámico. La bomba del primer circuito termodinámico y/o la bomba del segundo circuito termodinámico se pueden seleccionar entre: una bomba centrífuga, una bomba de paletas deslizantes, una bomba de gerotor, una bomba de geroller, una bomba de engranajes, una bomba de diafragma, una bomba de pistón, una bomba de émbolo, una bomba peristáltica o una bomba de lóbulos. El aparato puede comprender una pluralidad de bombas, donde la pluralidad de bombas está montada en un eje común. Cualquiera o ambos del primer expansor y el segundo expansor pueden estar montados en un eje común, que puede ser el eje común de una o más de las bombas.
- 60
- 65

5 El aparato puede comprender además una fuente de calor auxiliar para proporcionar el calor auxiliar al primer circuito termodinámico a través de los medios de entrada de calor auxiliar. La fuente de calor auxiliar puede comprender uno o más de: una fuente de aire ambiental externa, una fuente de aire del interior de un edificio, calor rechazado de un sistema de aire acondicionado o refrigeración, una fuente de agua ambiental, una fuente subterránea, una fuente geotérmica, una fuente solar térmica, un estanque solar, una fuente de calor biológicamente activa, calor residual de un proceso industrial y calor residual de tecnología de generación.

10 El aparato puede comprender además un disipador de calor auxiliar para recibir calor del segundo circuito termodinámico a través de los medios de salida de calor auxiliar. El disipador de calor auxiliar puede comprender uno o más de: una fuente de aire ambiental externa, una fuente de aire del interior de un edificio, una fuente de agua ambiental, una fuente subterránea y fuentes de enfriamiento de desechos.

15 El segundo circuito termodinámico puede comprender un medio adicional de entrada de calor auxiliar para que el calor auxiliar adicional pueda contribuir a la creación del segundo vapor presurizado. El aparato puede comprender además una fuente de calor auxiliar adicional para proporcionar el calor auxiliar adicional al segundo circuito termodinámico a través de los medios de entrada de calor auxiliar adicionales.

20 El aparato puede comprender además un primer sobrecalentador entre el primer evaporador y el primer expansor, estando dispuesto el primer sobrecalentador para sobrecalentar el primer fluido de trabajo.

El aparato puede comprender además un segundo sobrecalentador entre el segundo evaporador y el segundo expansor, estando dispuesto el segundo sobrecalentador para sobrecalentar el segundo fluido de trabajo.

25 El aparato puede comprender además un precalentador entre el segundo condensador y el segundo evaporador, estando configurado el precalentador para calentar el segundo fluido de trabajo.

Cualquiera o ambos del primer medio de almacenamiento y el segundo medio de almacenamiento pueden comprender un material de cambio de fase encapsulado o un material de cambio de fase no encapsulado.

30 El lado frío de la bomba de calor puede estar acoplado térmicamente al primer depósito por un primer circuito de transferencia de calor de un primer fluido de transferencia de calor. El primer medio de almacenamiento puede comprender un material de cambio de fase sin encapsular, y el primer fluido de transferencia de calor puede no ser miscible en el primer medio de almacenamiento.

35 El lado caliente de la bomba de calor puede estar acoplado térmicamente al segundo depósito por un segundo circuito de transferencia de calor de un segundo fluido de transferencia de calor. El segundo medio de almacenamiento puede comprender un material de cambio de fase sin encapsular, y el segundo fluido de transferencia de calor puede no ser miscible en el segundo medio de almacenamiento.

40 El primer depósito puede estar acoplado térmicamente al condensador del primer circuito termodinámico por un tercer circuito de transferencia de calor de un tercer fluido de transferencia de calor. El tercer fluido de transferencia de calor puede ser el mismo que el primer fluido de transferencia de calor.

45 El segundo depósito puede estar acoplado térmicamente al evaporador del segundo circuito termodinámico por un cuarto circuito de transferencia de calor de un cuarto fluido de transferencia de calor. El cuarto fluido de transferencia de calor puede ser el mismo que el segundo fluido de transferencia de calor.

50 En ciertas realizaciones, la bomba de calor puede comprender un circuito de refrigeración de un refrigerante. El circuito de refrigeración puede incluir un compresor de refrigeración, un evaporador de refrigeración, un condensador de refrigeración o un refrigerador de gas, y un medio de expansión de refrigeración para expandir el refrigerante, en el que el lado frío de la bomba de calor comprende el evaporador de refrigeración y el lado caliente de la bomba de calor comprende el condensador de refrigeración o el refrigerador de gas. Los medios de expansión de refrigeración pueden comprender una válvula de expansión de refrigeración o un expansor de refrigerante.

55 El primer medio de almacenamiento y/o el segundo medio de almacenamiento pueden comprender un líquido que no cambia de fase durante el funcionamiento del aparato en ninguno de los modos de carga, el modo de almacenamiento y el modo de descarga. El aparato puede comprender medios para agitar y/o recircular el primer medio de almacenamiento para homogeneizar la temperatura dentro del primer depósito e inhibir la estratificación y/o comprender medios para agitar y/o recircular el segundo medio de almacenamiento para homogeneizar la temperatura dentro del segundo depósito e inhibir la estratificación

60 El primer depósito y/o el segundo depósito pueden comprender cada uno un recipiente inicial y un recipiente secundario. El primer medio de almacenamiento puede ser un líquido que es transferible desde el primer recipiente inicial al primer recipiente secundario cuando el aparato se opera en el modo de carga, y es transferible desde el primer recipiente secundario al primer recipiente inicial cuando se opera el aparato en el modo de descarga. El segundo medio de almacenamiento puede ser un líquido que es transferible desde el segundo recipiente inicial al segundo

recipiente secundario cuando el aparato se opera en el modo de carga, y es transferible desde el segundo recipiente secundario al segundo recipiente inicial cuando se opera el aparato en el modo de descarga.

5 El aparato puede comprender además uno o más intercambiadores de calor dispuestos en el primer depósito y/o el segundo depósito.

10 El aparato puede comprender además un medio de disipador de calor auxiliar adicional dispuesto de modo que un disipador de calor auxiliar adicional conectado térmicamente al mismo pueda contribuir a la condensación del primer vapor presurizado. El aparato puede comprender además un disipador de calor auxiliar adicional conectado térmicamente al medio de disipador de calor auxiliar adicional.

15 El aparato puede comprender además medios de almacenamiento de energía adicionales dispuestos para emitir energía independientemente de la energía emitida por el primer expansor y el segundo expansor. Los medios de almacenamiento de energía adicionales pueden incluir un condensador, batería, volante u otros medios de almacenamiento de energía eléctrica o mecánica no térmicos.

En ciertas realizaciones, uno o ambos del primer y segundo circuito termodinámico pueden comprender un ciclo de Rankine, un ciclo de Lorenz o un ciclo de Kalina.

20 Se puede configurar uno o ambos medios de almacenamiento primero y segundo para que se almacenen a una temperatura entre $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, o entre $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

25 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para operar un aparato de ciclo termodinámico que comprende:

(a) proporcionar un aparato de ciclo termodinámico que comprende:

(i) un primer depósito que contiene un primer medio de almacenamiento;

30 (ii) un segundo depósito que contiene un segundo medio de almacenamiento;

(iii) una bomba de calor que tiene un lado frío acoplado térmicamente al primer depósito para enfriar el primer medio de almacenamiento y un lado caliente acoplado térmicamente al segundo depósito para calentar el segundo medio de almacenamiento;

35 (iv) un primer circuito termodinámico de un primer fluido de trabajo, el primer circuito termodinámico comprende:

un primer evaporador para evaporar el primer fluido de trabajo para crear un primer vapor presurizado;

40 un primer expansor dispuesto para expandir el primer vapor presurizado; y

un primer condensador dispuesto para condensar el primer fluido de trabajo recibido del primer expansor y proporcionar el primer fluido de trabajo al primer evaporador, estando el primer condensador acoplado térmicamente al primer depósito; y

45 (v) un segundo circuito termodinámico de un segundo fluido de trabajo, el segundo circuito termodinámico comprende:

un segundo evaporador para evaporar el segundo fluido de trabajo para crear un segundo vapor presurizado, el segundo evaporador está acoplado térmicamente al segundo depósito;

50 un segundo expansor dispuesto para expandir el segundo vapor presurizado; y

un segundo condensador dispuesto para condensar el segundo fluido de trabajo recibido del segundo expansor y proporcionar el segundo fluido de trabajo al segundo evaporador;

55 (b) operar el aparato en un modo de carga energizando la bomba de calor para enfriar el primer medio de almacenamiento y calentar el segundo medio de almacenamiento;

60 (c) operar el aparato en un modo de almacenamiento almacenando el primer medio de almacenamiento enfriado en el primer depósito y almacenando el segundo medio de almacenamiento calentado en el segundo depósito;

(d) operar el aparato en un primer modo de descarga utilizando una fuente de calor auxiliar para crear el primer vapor presurizado en el primer evaporador, expandir el primer vapor presurizado con el primer expansor y condensar el primer fluido de trabajo en el primer condensador; y

65

(e) operar el aparato en un segundo modo de descarga utilizando calor del segundo depósito para crear el segundo vapor presurizado en el segundo evaporador, expandiendo el segundo vapor presurizado y utilizando un disipador de calor auxiliar para condensar el segundo fluido de trabajo en el segundo condensador;

5 en el que las etapas (d) y (e) son ejecutables tanto concurrentemente como independientemente uno del otro.

Cualquiera o ambos del primer expansor y el segundo expansor pueden comprender uno de una turbina, expansor de espiral, expansor de tornillo, turbina Tesla o un motor alternativo, en el que la turbina puede ser opcionalmente una turbina radial, una turbina axial o una turbina de impulso.

10 Cualquiera o ambos del primer expansor y el segundo expansor pueden comprender un generador expansor para generar electricidad.

15 Cualquiera de los circuitos termodinámicos primero o segundo puede incluir una bomba para hacer circular el primer o segundo fluido de trabajo.

El método puede comprender utilizar la bomba del primer circuito termodinámico para proporcionar el primer fluido de trabajo desde el primer condensador al primer evaporador y/o utilizar la bomba del segundo circuito termodinámico para proporcionar el segundo fluido de trabajo desde el segundo condensador al Segundo evaporador. La bomba del primer circuito termodinámico y/o la bomba del segundo circuito termodinámico se pueden seleccionar entre: una bomba centrífuga, una bomba de paletas deslizantes, una bomba de gerotor, una bomba de geroller, una bomba de engranajes, una bomba de diafragma, una bomba de pistón, una bomba de émbolo, una bomba peristáltica o una bomba de lóbulo. El aparato puede comprender una pluralidad de bombas, donde las pluralidades de bombas están montadas en un eje común. Cualquiera o ambos del primer expansor y el segundo expansor pueden estar montados en un eje común, que puede incluir o no una o más de las bombas.

El aparato puede comprender una fuente de calor auxiliar para proporcionar el calor auxiliar al primer circuito termodinámico a través de los medios de entrada de calor auxiliar. La fuente de calor auxiliar puede comprender uno o más de: una fuente de aire ambiental externa, una fuente de aire del interior de un edificio, calor rechazado de un sistema de aire acondicionado o refrigeración, una fuente de agua ambiental, una fuente subterránea, una fuente geotérmica, una fuente solar térmica, un estanque solar, una fuente de calor biológicamente activa, calor residual de un proceso industrial y calor residual de la tecnología de generación.

El aparato puede comprender un disipador de calor auxiliar, y el método comprende utilizar el disipador de calor auxiliar para recibir calor del segundo circuito termodinámico a través de los medios de salida de calor auxiliar. El disipador de calor auxiliar puede comprender uno o más de: una fuente de aire ambiental externa, una fuente de aire del interior de un edificio, una fuente de agua ambiental, una fuente subterránea y fuentes de enfriamiento de desechos. El segundo circuito termodinámico puede comprender un medio adicional de entrada de calor auxiliar para que el calor auxiliar adicional pueda contribuir a la creación del segundo vapor presurizado. El aparato puede comprender una fuente de calor auxiliar adicional, y el método puede comprender el uso de calor de la fuente de calor auxiliar para contribuir a la creación del segundo vapor presurizado en cualquiera de los modos de carga, modo de almacenamiento, primer modo de descarga y segundo modo de descarga.

El aparato puede comprender un primer sobrecalentador entre el primer evaporador y el primer expansor, y el método puede comprender utilizar el primer sobrecalentador para sobrecalentar el primer fluido de trabajo.

El aparato puede comprender un segundo sobrecalentador entre el segundo evaporador y el segundo expansor, y el método puede comprender utilizar el segundo sobrecalentador para sobrecalentar el segundo fluido de trabajo.

50 El aparato puede comprender un precalentador entre el segundo condensador y el segundo evaporador, y el método puede comprender utilizar el precalentador para calentar el segundo fluido de trabajo.

Cualquiera o ambos del primer medio de almacenamiento y el segundo medio de almacenamiento pueden comprender un material de cambio de fase encapsulado o un material de cambio de fase no encapsulado.

55 El primer medio de almacenamiento puede comprender un material sin encapsular y el método puede comprender almacenar el primer medio de almacenamiento como una suspensión o un sólido fragmentable al final de la operación del modo de carga.

60 El segundo medio de almacenamiento puede comprender un material sin encapsular y el método puede comprender almacenar el segundo medio de almacenamiento como una suspensión o un sólido fragmentable al final de la operación del segundo modo de descarga.

65 El lado frío de la bomba de calor puede estar acoplado térmicamente al primer depósito por un primer circuito de transferencia de calor de un primer fluido de transferencia de calor. El primer medio de almacenamiento puede

comprender un material de cambio de fase sin encapsular, y el primer fluido de transferencia de calor puede no ser miscible en el primer medio de almacenamiento.

5 El lado caliente de la bomba de calor puede estar acoplado térmicamente al segundo depósito por un segundo circuito de transferencia de calor de un segundo fluido de transferencia de calor. El segundo medio de almacenamiento puede comprender un material de cambio de fase sin encapsular, y el segundo fluido de transferencia de calor puede no ser miscible en el segundo medio de almacenamiento.

10 El primer depósito puede estar acoplado térmicamente al condensador del primer circuito termodinámico por un tercer circuito de transferencia de calor de un tercer fluido de transferencia de calor. El tercer fluido de transferencia de calor puede ser el mismo que el primer fluido de transferencia de calor.

15 El segundo depósito puede estar acoplado térmicamente al evaporador del segundo circuito termodinámico por un cuarto circuito de transferencia de calor de un cuarto fluido de transferencia de calor. El cuarto fluido de transferencia de calor puede ser el mismo que el segundo fluido de transferencia de calor.

20 En ciertas realizaciones, la bomba de calor puede comprender un circuito de refrigeración de un refrigerante. El circuito de refrigeración puede incluir un compresor de refrigeración, un evaporador de refrigeración, un condensador de refrigeración o un enfriador de gas, y un medio de expansión de refrigeración para expandir el refrigerante, en el que el lado frío de la bomba de calor comprende el evaporador de refrigeración y el lado caliente de la bomba de calor comprende el condensador de refrigeración o el refrigerador de gas. Los medios de expansión de refrigeración pueden comprender una válvula de expansión de refrigeración o un expansor de refrigerante.

25 El primer medio de almacenamiento y/o el segundo medio de almacenamiento pueden comprender un líquido que no cambia la fase durante el funcionamiento del aparato en ninguno de los modos de carga, el modo de almacenamiento y el modo de descarga.

30 El aparato puede comprender medios para agitar y/o recircular el primer/segundo medio de almacenamiento, y el método puede comprender agitar y/o recircular el primer/segundo medio de almacenamiento para homogeneizar la temperatura dentro del primer/segundo depósito e inhibir la estratificación durante el modo de carga.

El primer depósito y/o el segundo depósito pueden comprender cada uno un recipiente inicial y un recipiente secundario.

35 En ciertas realizaciones, el primer medio de almacenamiento puede ser un líquido y el método puede comprender transferir el primer medio de almacenamiento desde el primer recipiente inicial al primer recipiente secundario cuando el aparato se opera en el modo de carga, y transferir el primer medio almacenamiento desde el primer recipiente secundario al primer recipiente inicial cuando el aparato se opera en el modo de descarga.

40 En ciertas realizaciones, el segundo medio de almacenamiento puede ser un líquido y el método puede comprender transferir el segundo medio de almacenamiento desde el segundo recipiente inicial al segundo recipiente secundario cuando el aparato se opera en el modo de carga, y transferir el segundo medio almacenamiento del segundo recipiente secundario al segundo recipiente inicial cuando el aparato se opera en el modo de descarga.

45 El aparato puede comprender uno o más intercambiadores de calor dispuestos en el primer depósito y/o el segundo depósito.

50 El aparato puede comprender un medio de salida de calor auxiliar adicional dispuesto de modo que un disipador de calor auxiliar adicional conectado térmicamente al mismo pueda contribuir a la condensación del primer vapor presurizado. El aparato puede comprender un disipador de calor auxiliar adicional conectado térmicamente al medio de salida de calor auxiliar adicional, y el método puede comprender utilizar el disipador de calor auxiliar adicional para contribuir a la condensación del primer vapor presurizado.

55 El primer circuito termodinámico puede comprender un intercambiador de calor de un solo paso, y el método puede comprender, al operar el aparato en el primer modo de descarga, descargar el primer medio de almacenamiento a través del intercambiador de calor de un solo paso y permitir el primer medio de almacenamiento para estratificar a partir de entonces.

60 El segundo circuito termodinámico puede comprender un intercambiador de calor de un solo paso, y el método puede comprender, cuando se opera el aparato en el segundo modo de descarga, descargar el segundo medio de almacenamiento a través del intercambiador de calor de un solo paso y permitir el segundo medio de almacenamiento para estratificar a partir de entonces.

65 El aparato puede comprender medios de almacenamiento de energía adicionales dispuestos para emitir energía independientemente de la energía emitida por el primer expansor y el segundo expansor. Los medios de

almacenamiento de energía adicionales pueden incluir un condensador, batería, volante u otros medios de almacenamiento de energía eléctrica o mecánica no térmica.

5 El método puede comprender el uso de medios de almacenamiento de energía adicionales para proporcionar una salida de energía eléctrica hasta que la energía emitida por el primer y/o segundo modo de descarga alcance una cantidad predeterminada.

10 El método puede comprender accionar el primer expansor y/o el segundo expansor antes de la introducción del primer/segundo fluido de trabajo en el mismo.

El aparato puede comprender una primera tubería conectada a una entrada del primer expansor, y el método puede comprender presurizar la primera tubería con un primer fluido de trabajo gaseoso antes de la operación del primer modo de descarga.

15 El aparato puede comprender una segunda tubería conectada a una entrada del segundo expansor, y el método puede comprender presurizar la segunda tubería con un segundo fluido de trabajo gaseoso antes de la operación del segundo modo de descarga.

20 Cualquiera de los circuitos termodinámicos primero o segundo pueden comprender un ciclo de Rankine, un ciclo de Lorenz o un ciclo de Kalina.

El método puede comprender almacenar uno o ambos medios de almacenamiento primero y segundo a una temperatura entre $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, o entre $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el modo de almacenamiento.

25 Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención se describen adicionalmente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30 la Fig. 1 es una representación esquemática de un aparato de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización de la presente invención;

35 La Fig. 2 es una representación esquemática de un aparato de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización alternativa de la presente invención;

La Fig. 3 es una representación detallada de un aparato de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

40 La Fig. 4 es una representación detallada de un aparato de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

La Fig. 5 es una representación detallada de un aparato de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

45 La Fig. 6 es una representación detallada de un aparato de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

50 La Fig. 7 es una representación detallada de un aparato de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

La Fig. 8 es una representación detallada de un aparato de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

55 La Fig. 9 es una representación esquemática de un aparato de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización adicional de la presente invención; y

La Fig. 10 es una representación esquemática de la electrónica de potencia que puede ser utilizada por las realizaciones de la presente invención.

60 Descripción detallada

65 Un aparato 100 de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización de la presente invención se muestra esquemáticamente en la Fig. 1. El aparato 100 de ciclo termodinámico comprende un primer depósito 2 que contiene un primer medio de almacenamiento, un segundo depósito 3 que contiene un segundo medio de almacenamiento, y una bomba 1 de calor que tiene un lado frío acoplado térmicamente al primer depósito 2 para enfriar el primer medio

de almacenamiento y un lado caliente acoplado térmicamente al segundo depósito 3 para calentar el segundo medio de almacenamiento.

5 Como se describe a continuación con respecto a realizaciones adicionales de la invención (mostradas en las Figuras 3 a 8), la bomba 1 de calor puede ser un circuito de refrigeración que incluye un compresor 19 de refrigeración, un evaporador 20 de refrigeración, un condensador 21 de refrigeración y medios de expansión de refrigeración que pueden tener la forma de una válvula 22 de expansión (o expansor de refrigerante) y que contiene un refrigerante. En tales realizaciones, el lado frío de la bomba 1 de calor puede comprender el evaporador 20 de refrigeración, y el lado caliente de la bomba 1 de calor puede comprender el condensador 21 de refrigeración. En realizaciones alternativas, 10 la bomba 1 de calor puede comprender bombas de calor adecuadas alternativas y no se limita necesariamente a la bomba de calor específica descrita en este documento con referencia a las Figuras. Por ejemplo, el condensador 21 de refrigeración del circuito de refrigeración descrito anteriormente puede ser un refrigerador de gas.

15 El aparato 100 de ciclo termodinámico comprende además un primer circuito 4 termodinámico de un primer fluido 23 de trabajo y un segundo circuito 5 termodinámico de un segundo fluido 24 de trabajo.

20 El primer circuito 4 termodinámico comprende un primer evaporador 9, un primer expansor 6 y un primer condensador 7. En las realizaciones no limitantes mostradas en las Figuras, el primer circuito 4 termodinámico incluye una primera bomba 8 para bombear el primer fluido 23 de trabajo. Sin embargo, en realizaciones alternativas, se pueden proporcionar otros medios para hacer circular y crear un diferencial de presión en el primer fluido 23 de trabajo. El primer evaporador 9 está dispuesto para evaporar el primer fluido 23 de trabajo para crear un primer vapor presurizado. El primer expansor 6 está dispuesto para recibir y expandir el primer vapor presurizado. En ciertas realizaciones, el primer expansor 6 puede ser un generador expansor capaz de generar energía eléctrica. En realizaciones alternativas, 25 el primer expansor 6 puede estar dispuesto para proporcionar trabajo mecánico a otros componentes (por ejemplo, un eje). En ciertas realizaciones, el primer expansor 6 puede ser una turbina axial, una turbina radial, una turbina de impulso (u otro tipo de turbina), un expansor de espiral, un expansor de tornillo, una turbina Tesla o un motor alternativo. El primer condensador 7 está dispuesto para condensar el primer fluido de trabajo recibido del primer expansor 6 y proporcionar el primer fluido 23 de trabajo al primer evaporador 9 (a través de la primera bomba 8, en la realización mostrada en la Fig. 1), completando así el primer circuito 4 termodinámico. El primer condensador 7 está acoplado térmicamente al primer depósito 2, pero el primer fluido 23 de trabajo es distinto del primer medio de almacenamiento contenido en el primer depósito 2. 30

35 El segundo circuito 5 termodinámico comprende un segundo evaporador 14, un segundo expansor 11 y un segundo condensador 12. En las realizaciones no limitantes mostradas en las Figuras, el segundo circuito 5 termodinámico incluye una segunda bomba 13 para bombear el segundo fluido 24 de trabajo. Sin embargo, en realizaciones alternativas, se pueden proporcionar otros medios para hacer circular y crear un diferencial de presión en el segundo fluido 24 de trabajo. El segundo evaporador 14 está dispuesto para evaporar el segundo fluido 24 de trabajo para crear un segundo vapor presurizado. El segundo evaporador 14 está acoplado térmicamente al segundo depósito 3 pero el segundo fluido 24 de trabajo es distinto del segundo medio de almacenamiento contenido en el segundo depósito 3. 40 El segundo expansor 11 está dispuesto para recibir y expandir el segundo vapor presurizado. En ciertas realizaciones, el segundo expansor 11 puede ser un generador expansor capaz de generar energía eléctrica. En realizaciones alternativas, el segundo expansor 11 puede estar dispuesto para proporcionar trabajo mecánico a otros componentes (por ejemplo, un eje). En ciertas realizaciones, el segundo expansor 11 puede ser una turbina radial, una turbina axial, una turbina de impulso (u otro tipo de turbina), expansor de espiral, expansor de tornillo, turbina Tesla o un motor alternativo. El segundo condensador 12 está dispuesto para condensar el segundo fluido 24 de trabajo recibido del segundo expansor 11 y proporcionar el segundo fluido 24 de trabajo al segundo evaporador 14 (a través de la segunda bomba 13, en la realización mostrada en la Fig. 1). 45

50 El aparato 100 de ciclo termodinámico de la Fig. 1 incluye una fuente 10 de calor auxiliar que está conectada térmicamente al primer circuito 4 termodinámico a través de medios de entrada de calor auxiliar para que el calor auxiliar pueda pasar de la fuente de calor auxiliar al primer fluido 23 de trabajo y contribuir a la creación del primer vapor presurizado. La fuente 10 de calor auxiliar proporciona energía para evaporar el primer fluido 23 de trabajo. En ciertas realizaciones, la fuente 10 de calor auxiliar puede ser una fuente de calor abundante y libremente disponible que puede ser opcionalmente una fuente de calor de entorno o ambiental tal como aire, aire desde el interior un edificio o vivienda, el recorrido de un río, el agua del canal procedente de una fuente subterránea, estanques solares, embalses y lagos y similares, calor rechazado de un aire acondicionado o circuito de refrigeración existente, o calor residual de muy baja calidad. Una vez que se extrae el calor de la fuente 10 de calor auxiliar, el enfriamiento resultante se puede utilizar para enfriar el interior de un edificio o vivienda. Por ejemplo, si la fuente 10 de calor auxiliar es aire del interior de un edificio o vivienda, el calor puede extraerse del aire y el aire enfriado puede devolverse al interior del edificio o vivienda, actuando, así como un sistema de aire acondicionado. 55 60

65 Además, el aparato 100 de ciclo termodinámico de la Fig. 1 incluye un disipador 15 de calor auxiliar que está conectado térmicamente al segundo circuito 5 termodinámico a través de medios de salida de calor auxiliar para que el segundo fluido 24 de trabajo pueda perder calor al disipador 15 de calor auxiliar. Los medios auxiliares de entrada de calor y/o los medios auxiliares de salida de calor pueden ser intercambiadores de calor o cualquier otro medio adecuado para transferir energía térmica entre el primer y el segundo fluido 23, 24 de trabajo y la fuente 10 de calor auxiliar y el

disipador 15 de calor auxiliar, respectivamente. El disipador 15 de calor auxiliar proporciona un medio para rechazar el calor del segundo fluido 24 de trabajo después de salir del segundo expansor 11, donde dicha pérdida de calor contribuye (al menos en parte) a la condensación del segundo fluido 24 de trabajo. En ciertas realizaciones preferibles, el disipador 15 de calor auxiliar es idealmente lo más bajo posible en temperatura y tiene una gran capacidad para absorber calor. Los ejemplos de disipadores 15 de calor auxiliares adecuados incluyen, pero no se limitan a, una fuente de calor del entorno o ambiental, tal como aire, aire del interior de un edificio o vivienda, la corriente de un río, una fuente de agua del canal, una fuente subterránea y depósitos y lagos y similares. En las realizaciones en las que se usa aire del interior de un edificio o vivienda como el disipador 15 de calor auxiliar, el aire se calienta posteriormente y puede devolverse al edificio o vivienda para proporcionar calefacción en el mismo. En tales realizaciones, el aparato 100 puede servir, en parte, como un calentador de espacio para el edificio o la vivienda.

En ciertas realizaciones, el primer circuito 4 termodinámico es térmicamente independiente del segundo circuito 5 termodinámico en la medida en que no hay medios previstos para intercambiar calor entre ellos.

El aparato 100 de ciclo termodinámico es operable en un modo de carga, un modo de almacenamiento y un modo de descarga. En el modo de carga, la bomba 1 de calor se activa para enfriar el primer medio de almacenamiento en el primer depósito 2 y calentar el segundo medio de almacenamiento en el segundo depósito 3. Es decir, se proporciona energía (por ejemplo, eléctrica y/o mecánica) para operar la bomba 1 de calor. La energía provista a la bomba 1 de calor es la energía que debe ser almacenada por el aparato 100. En el modo de almacenamiento, el primer medio de almacenamiento enfriado se almacena en el primer depósito 2 y el segundo medio de almacenamiento calentado se almacena en el segundo depósito 3. El primer y/o segundo depósitos 2, 3 pueden estar aislados térmicamente para reducir las pérdidas térmicas de los mismos durante el modo de almacenamiento. En el modo de descarga, el primer vapor presurizado se expande por el primer expansor 6 y/o el segundo vapor presurizado se expande por el segundo expansor 11. Por lo tanto, la energía puede introducirse en el aparato 100 de ciclo termodinámico en el modo de carga, almacenado en el modo de almacenamiento, y descargado, cuando sea necesario, en el modo de descarga operando uno o ambos del primer expansor 6 y el segundo expansor 11. Es decir, un primer modo de descarga puede permitir la descarga del primer depósito 2 (operando el primer circuito 4 termodinámico, y, en particular, el primer expansor 6), y un segundo modo de descarga puede permitir la descarga del segundo depósito 3 (que opera el segundo circuito 5 termodinámico, y, en particular, el segundo expansor 11), donde el primer el modo de descarga y el segundo modo de descarga pueden funcionar juntos o por separado uno del otro. Si el primer expansor 6 y/o el segundo expansor 11 son generadores de expansor, la energía eléctrica puede recuperarse del aparato 100. En realizaciones alternativas, la energía puede recuperarse en diferentes formas (por ejemplo, energía mecánica).

El acoplamiento térmico entre el primer condensador 7 y el primer depósito 2 da como resultado que la temperatura más baja del primer circuito 4 termodinámico sea determinada por la temperatura del primer depósito 2. Dado que el primer depósito 2 es enfriado por la bomba 1 de calor en el modo de carga, el primer depósito 2 frío ayuda a la condensación del primer fluido 23 de trabajo en el primer modo de descarga. La fuente 10 de calor auxiliar proporciona energía para evaporar el primer fluido 23 de trabajo y, en la realización de la Fig. 1, determina la temperatura superior del primer circuito 4 termodinámico.

El acoplamiento térmico entre el segundo depósito 3 y el segundo evaporador 14 permite que el calor se transfiera desde el segundo depósito 3 al segundo evaporador 14 para ayudar a la evaporación del segundo fluido 24 de trabajo cuando se opera en el segundo modo de descarga. En la realización mostrada en la Fig. 1, la temperatura superior del segundo circuito 5 termodinámico estará determinada por la temperatura del segundo depósito 3 (que aumentará la bomba 1 de calor cuando opere en el modo de carga). La temperatura más baja del segundo circuito 5 termodinámico está determinada por el disipador 15 de calor auxiliar.

El primer circuito 4 termodinámico y/o el segundo circuito 5 termodinámico pueden comprender un circuito para permitir la operación de cualquier ciclo termodinámico adecuado, que incluye, pero no se limita a un ciclo de Rankine, un ciclo de Lorenz o un ciclo de Kalina.

La Fig. 2 muestra una variación 200 del aparato 100 de ciclo termodinámico de la Fig. 1 de acuerdo con una realización alternativa de la presente invención. El aparato 200 de la Fig. 2 es idéntico al aparato 100 de la Fig. 1, pero incluye adicionalmente un primer sobrecalentador 16, un segundo precalentador 17 y un segundo sobrecalentador 18.

El primer sobrecalentador 16 está dispuesto en el primer ciclo 4 termodinámico entre el primer evaporador 9 y el primer expansor 6. El primer sobrecalentador 16 está dispuesto para proporcionar calor al primer fluido 23 de trabajo después de que abandona el primer evaporador 9 y antes de que sea expandido por el primer expansor 6. El calor proporcionado por el primer sobrecalentador 16 puede ser calor residual o de una fuente de calor secundaria.

El segundo precalentador 17 está dispuesto en el segundo circuito 5 termodinámico entre el segundo condensador 12 y el segundo evaporador 14 (y más particularmente, entre la segunda bomba 13 y el segundo evaporador 14). El segundo precalentador 17 está dispuesto para precalentar el segundo fluido 24 de trabajo antes de que entre en el segundo evaporador 14. El segundo precalentador 17 puede utilizar calor residual o ser una fuente de calor secundaria.

El segundo sobrecalentador 18 está dispuesto en el segundo circuito 5 termodinámico entre el segundo evaporador 14 y el segundo expansor 11. El segundo sobrecalentador 18 está dispuesto para calentar el segundo fluido 24 de trabajo después de que haya salido del segundo evaporador 14 y antes de él es expandido por el segundo expansor 11. El calor proporcionado por el segundo sobrecalentador 18 puede ser calor residual o de una fuente de calor secundaria.

Se describen a continuación realizaciones adicionales de acuerdo con la presente invención con referencia a las Figuras 3 a 9. En todas las realizaciones descritas, los números de referencia similares corresponden a componentes y características similares.

La Fig. 3 muestra un aparato 300 de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización de la presente invención. En la realización de la Fig. 3, los materiales de cambio de fase encapsulados (PCM) se utilizan como primer y segundo medio de almacenamiento en el primer y segundo depósitos 2, 3, respectivamente. Los PCM son capaces de almacenar o ceder calor a una temperatura relativamente constante a medida que el PCM cambia de fase de líquido a sólido o viceversa.

El primer PCM ("lado frío") en el primer depósito 2 es un material de cambio de fase encapsulado, de modo que el primer fluido 23 de trabajo no entra directamente en contacto con el PCM y el PCM no se lava del primer depósito 2 durante la operación. La encapsulación está configurada de una manera que permite un buen contacto térmico del primer fluido 23 de trabajo con el material PCM (por ejemplo, esferas encapsuladas múltiples, placas planas, pilas de tubos, panel, etc.) y no impide significativamente el flujo del primer fluido 23 de trabajo a través del primer depósito 2 durante la operación. En esta realización, el primer depósito 2 también sirve como el primer condensador 7.

Antes de operar en el modo de carga, se establece una válvula 27 para desviar el primer fluido 23 de trabajo al evaporador 20 de refrigeración desde el primer depósito 2 cuando se acciona la primera bomba 8. El PCM del lado frío estará completamente líquido en esta etapa si el primer depósito 2 se descargó completamente (es decir, mediante la operación del primer modo de descarga) durante su operación anterior y preferiblemente estará a su temperatura de punto de fusión, aunque en algunas configuraciones puede ser ligeramente por encima del punto de fusión.

El segundo PCM ("lado caliente") en el segundo depósito 3 es un material de cambio de fase encapsulado, de modo que el segundo fluido 24 de trabajo no entra directamente en contacto con el PCM y el PCM no se transfiere fuera del segundo depósito 3 durante la operación. La encapsulación se configura de una manera que permite un buen contacto térmico del segundo fluido 24 de trabajo con el material PCM (por ejemplo, esferas encapsuladas múltiples, placas planas, pilas de tubos, panel, etc.) y no impide significativamente el flujo del segundo fluido 24 de trabajo a través del segundo depósito 3 durante el funcionamiento. En esta realización, el segundo depósito 3 también sirve como el segundo evaporador 14.

Antes de operar en el modo de carga, se pueden abrir las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales (si están presentes), y se pueden cerrar las válvulas 41 y 43 de aislamiento opcionales (si están presentes). Las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales se pueden configurar para desviar el segundo fluido 24 de trabajo únicamente al condensador 21 de refrigeración, o a una posición adecuada si también se va a utilizar alguna fuente de calor adicional a través de un intercambiador 31 de calor, desde el segundo depósito 3 (cuando se opera una bomba 29 para hacer circular el segundo fluido 24 de trabajo). El PCM del lado caliente será completamente sólido en esta etapa si el segundo depósito 3 se descargó completamente (es decir, mediante la operación del segundo modo de descarga) durante su operación anterior y no se ha agregado calor adicional desde entonces, a través del intercambiador 31 de calor. El lado caliente PCM estará preferiblemente a su temperatura de punto de fusión, aunque en algunas configuraciones puede estar ligeramente por debajo del punto de fusión.

Cuando funciona en el modo de carga, la bomba 1 de calor se conecta a un suministro de energía eléctrica o mecánica y se energiza para accionar el compresor 19 de refrigeración. Esto presuriza el refrigerante gaseoso dentro de la bomba 1 de calor y eleva su temperatura antes de entrar el condensador 21 de refrigeración. En consecuencia, se suministra calor al segundo fluido 24 de trabajo que circula por la bomba 29 a través del otro lado del condensador 21 de refrigeración. Al ceder calor al segundo fluido 24 de trabajo, el refrigerante se condensa a una fase líquida. El refrigerante en fase líquida entra entonces en la válvula 22 de expansión que reduce su presión y, en consecuencia, su punto de ebullición. El refrigerante que ingresa al evaporador 20 refrigerante se hierve cuando extrae calor del primer fluido 23 de trabajo que circula a través del otro lado del evaporador 20 refrigerante a través de la bomba 8.

El aparato 300 opera en el modo de carga hasta, preferiblemente, aunque no necesariamente, todo el PCM del lado frío está solidificado. Esto será detectable por la temperatura del primer fluido 23 de trabajo que cae notablemente a medida que el calor extraído del primer fluido 23 de trabajo ya no proviene del calor de fusión latente del PCM del lado frío.

Es posible, pero no esencial, sintonizar la masa del PCM del lado caliente en el segundo depósito 3 de modo que cuando todo el PCM del lado frío se solidifica, todo el PCM del lado caliente se funde simultáneamente. En ciertas realizaciones (por ejemplo, para permitir el almacenamiento opcional de calor residual y la recuperación de fuentes

alternativas), la masa del PCM del lado caliente puede exceder dicho valor “sintonizado” sin afectar el rendimiento del sistema de ninguna manera.

5 En ciertas realizaciones, el modo de carga puede dejar de funcionar en, o antes, el punto en que todo el PCM del lado frío se vuelve sólido, de modo que no se usa energía para proporcionar un “enfriamiento sensible” al PCM del lado frío. De esta forma, se puede mantener un diferencial de temperatura fijo y, por lo tanto, un coeficiente de rendimiento, a través de la bomba 1 de calor, lo que permite optimizar el diseño de la bomba 1 de calor y la selección del refrigerante en un solo punto de operación.

10 Cuando el aparato 300 se opera en el modo de almacenamiento, la bomba 1 de calor no se opera, ni hay ningún componente en el primer circuito 4 termodinámico.

15 Si el aparato 300 funciona puramente como un sistema de almacenamiento de energía sin recuperación de fuentes de calor adicionales, no habrá operación de ningún componente en el segundo circuito 5 termodinámico.

20 Si hay disponibles fuentes de calor adicionales, el segundo depósito 3 se puede cargar continuamente al configurar las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales en las posiciones de modo que el funcionamiento de la bomba 29 desvía el segundo fluido 24 de trabajo a través del intercambiador 31 de calor para utilizar la fuente de calor continua o intermitente durante el funcionamiento en modo de almacenamiento.

25 La descarga de los lados frío y caliente del sistema se puede realizar de forma independiente o simultánea dependiendo de los requisitos de energía locales. Es decir, un primer modo de descarga puede permitir la descarga del primer depósito 2, y un segundo modo de descarga puede permitir la descarga del segundo depósito 3. El primer y segundo expansores 6, 11 pueden estar en reposo antes de la operación de los respectivos modos de descarga, o pueden ser manejados de tal manera que estén a la velocidad de operación antes de la introducción del primer y segundo fluidos 23, 24 de trabajo, respectivamente. Algunas aplicaciones pueden requerir energía instantánea, y esto puede acomodarse mediante el uso del almacenamiento 53 capacitivo que se puede incluir en la unidad/electrónica 52 de potencia para proporcionar un suministro instantáneo (ver Figura 10). En realizaciones alternativas, se pueden proporcionar otros medios adicionales de almacenamiento de energía no térmica que pueden ser, por ejemplo, mecánicos o eléctricos. Por ejemplo, los medios adicionales de almacenamiento de energía no térmica pueden ser un volante o una batería.

35 Antes de la operación del primer modo de descarga, la válvula 27 de tres vías está posicionada de tal manera que la operación de la bomba 8 desvía el primer fluido 23 de trabajo a través del primer evaporador 9.

40 Tras la operación del primer modo de descarga, la bomba 8 bombea el primer fluido 23 de trabajo desde el primer depósito 2 al primer evaporador 9, donde es calentado y evaporado por una fuente de calor. En ciertas realizaciones no limitantes, la fuente de calor conectada térmicamente al primer evaporador 9 puede ser una fuente de calor de entorno o ambiental. El primer fluido 23 de trabajo luego pasa a través del intercambiador 36 de calor opcional (si está presente) para recibir cualquier calor residual del segundo fluido 24 de trabajo a medida que sale del segundo expansor 11 (si el segundo modo de descarga también está funcionando). Esto puede calentar aún más el primer fluido 23 de trabajo gaseoso (por ejemplo, sobrecalentarlo), o puede elevar alternativamente la temperatura a la que se evapora el primer fluido 23 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor al intercambiador 36 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de entrar en el primer expansor 6.

45 Antes de entrar en el primer expansor 6, el primer fluido 23 de trabajo puede pasar a través de un intercambiador 16 de calor opcional si hay disponible una fuente 30 de calor adicional. Esto puede calentar aún más el primer fluido 23 de trabajo gaseoso (por ejemplo, sobrecalentarlo), o puede elevar alternativamente la temperatura a la que se evapora el primer fluido 23 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor al intercambiador 16 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de entrar en el primer expansor 6.

50 El primer fluido 23 de trabajo gaseoso entra en el primer expansor 6 y, debido a la diferencia de presión a través del primer expansor 6 (que se establece por la presión de condensación en el primer depósito 2 y la fuente de calor utilizada para evaporar el primer fluido 23 de trabajo), el primer fluido 23 de trabajo acciona el primer expansor 6 a medida que se expande, convirtiendo así la energía extraída de la fuente de calor en el primer evaporador 9 (y opcionalmente los intercambiadores 36 y 16 de calor) a energía eléctrica o mecánica.

55 El primer fluido 23 de trabajo sale del primer expansor 6 en estado gaseoso y regresa al primer depósito 2 donde entra en contacto con el PCM del lado frío encapsulado y se condensa a medida que el PCM absorbe el calor latente requerido para hacerlo. Este proceso derrite gradualmente el PCM del lado frío a medida que se descarga el primer depósito 2.

60 El primer modo de descarga se puede operar para derretir parcial o totalmente el PCM del lado frío y aún permitir que la siguiente operación del modo de carga comience con el PCM del lado frío todavía en su temperatura de punto de congelación. Alternativamente, puede ser preferible continuar operando el primer modo de descarga hasta después de que todo el PCM del lado frío se funda, si aún se puede generar suficiente energía. Esto significa que la bomba 1

65

de calor funcionará en un rango de temperatura durante la próxima operación del modo de carga. De cualquier manera, puede obtenerse una indicación de que el PCM del lado frío se ha fundido completamente midiendo un aumento de temperatura del primer fluido 23 de trabajo en, o saliendo, del primer depósito 2.

5 Antes de operar el segundo modo de descarga, las válvulas 41 y 43 de aislamiento opcional pueden abrirse (si están presentes). Las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales pueden cerrarse (si están presentes) si no hay entrada de calor adicional disponible a través del intercambiador 31 de calor durante la operación del segundo modo de descarga. Si hay disponibles fuentes de calor adicionales, el segundo depósito 3 puede cargarse continuamente controlando las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales. En particular, las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales pueden configurarse en posiciones tales que el funcionamiento de la bomba 29 desvíe el segundo funcionamiento 24 fluido a través del intercambiador 31 de calor (las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales pueden dejarse abiertas). Esto hace uso de una fuente de calor continua (opcional) durante el funcionamiento del segundo modo de descarga y, por lo tanto, permite la carga y descarga simultáneas del segundo depósito 3 sin el funcionamiento de la bomba 1 de calor.

10
15 Al operar el segundo modo de descarga, la apertura de la válvula 41 crea una caída de presión en el segundo depósito 3, donde el segundo fluido 24 de trabajo se había almacenado en saturación a una presión establecida por la temperatura del punto de fusión (o una temperatura cercana a este punto) del PCM del lado caliente. La caída de la presión de esta manera anima al segundo fluido 24 de trabajo a hervir y, por lo tanto, extrae calor del PCM del lado caliente para superar el calor latente de vaporización del segundo fluido 24 de trabajo requerido para hacerlo.

20 Entre la salida del segundo depósito 3 y la entrada en el segundo expansor 11, el segundo fluido 24 de trabajo gaseoso puede pasar a través de un intercambiador 18 de calor opcional, si hay disponible una fuente de calor adicional. Esto puede calentar el segundo fluido 24 de trabajo gaseoso más (por ejemplo, agregar sobrecalentamiento), o puede usarse alternativamente para elevar la temperatura a la que se evapora el segundo fluido 24 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor en este intercambiador 18 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de la entrada en el segundo expansor 11.

25 El segundo fluido 24 de trabajo gaseoso entra en el segundo expansor 11 y, debido a la diferencia de presión a través del segundo expansor 11 (establecido por la presión de condensación del segundo fluido 24 de trabajo en el segundo condensador 12 y la fuente de calor utilizada para evaporar el segundo fluido 24 de trabajo), el segundo fluido 24 de trabajo acciona el segundo expansor 11 a medida que se expande y convierte la energía extraída del segundo depósito 3 (y opcionalmente el intercambiador 18 de calor) a Energía eléctrica o mecánica.

30 Al salir del segundo expansor 11, el segundo fluido 24 de trabajo sigue siendo gaseoso y puede entrar en el intercambiador 36 de calor opcional donde puede intercambiar cualquier calor residual que sería termodinámicamente ventajoso para el primer fluido 23 de trabajo (si el primer modo de descarga también se opera). El intercambiador 36 de calor opcional no está presente en realizaciones en las que el primer circuito 4 termodinámico es térmicamente independiente del segundo circuito 5 termodinámico.

35 El segundo fluido 24 de trabajo entra entonces en el segundo condensador 12 (que actúa como medio auxiliar de salida de calor) donde está condensado por el disipador 15 de calor auxiliar.

40 Alternativamente, si fuera termodinámicamente ventajoso, el aparato 300 podría configurarse de modo que el segundo fluido 24 de trabajo se condense en el intercambiador 36 de calor opcional y luego se enfríe en el segundo condensador 12.

45 El fluido de trabajo condensado del lado 24 caliente se introduce en el lado de succión de la bomba 13 y se bombea nuevamente al depósito 3 térmico del lado caliente mediante un intercambiador 17 de calor opcional donde una fuente de calor alternativa/residual 30 puede precalentar el fluido 24 de trabajo si está disponible. Este proceso continúa solidificando gradualmente el PCM del lado caliente a medida que el fluido de trabajo del lado 24 caliente absorbe calor a medida que se evapora.

50 La operación del segundo modo de descarga puede progresar para solidificar parcial o totalmente el PCM del lado caliente y aún permitir que la próxima operación del modo de carga comience con el PCM del lado caliente aún a su temperatura de punto de fusión, o en algunas circunstancias puede ser preferible operar el segundo modo de descarga hasta después del punto en que todo el PCM del lado caliente se solidifica si aún se puede generar energía sensible. La última opción significa que la bomba 1 de calor funcionará en un rango de temperatura durante la próxima operación del modo de carga. En cualquier caso, una indicación de que el PCM del lado caliente se ha solidificado completamente puede proporcionarse por una caída medible de la temperatura del segundo fluido 24 de trabajo en, o saliendo, del segundo depósito 3.

55 La Fig. 4 muestra un aparato 400 de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización de la presente invención.

60 Se utiliza un primer fluido 25 de transferencia de calor para acoplar térmicamente e intercambiar calor entre la bomba 1 de calor y el primer depósito 2, y el primer depósito 2 y el primer condensador 7. Además, se utiliza un segundo fluido 28 de transferencia de calor para acoplar e intercambiar calor térmicamente entre la bomba 1 de calor y el

segundo depósito 3, y el segundo depósito 3 y el segundo evaporador 14. El primer y segundo fluidos 25, 28 de transferencia de calor forman circuitos de transferencia de calor. En realizaciones alternativas, se pueden utilizar uno o más circuitos de transferencia de calor separados (cada uno con un fluido de transferencia de calor separado, por ejemplo) para acoplar térmicamente cualquiera de la bomba 1 de calor y el primer depósito 2, el primer depósito 2 y el primer condensador 7, la bomba 1 de calor y el segundo depósito 3, y el segundo depósito 3 y el segundo evaporador 14.

El PCM del lado frío en el primer depósito 2 es un material de cambio de fase encapsulado, de modo que el primer fluido 25 de transferencia de calor no entra directamente en contacto con el PCM y el PCM no se lava del primer depósito 2 durante el funcionamiento.

La encapsulación está configurada de una manera que permite un buen contacto térmico del primer fluido 25 de transferencia de calor con el material PCM (por ejemplo, esferas encapsuladas múltiples, placas planas, pilas de tubos, panal, etc.) y no impide significativamente flujo del primer fluido 25 de transferencia de calor a través del primer depósito 2 durante el funcionamiento.

Antes de operar en el modo de carga, la válvula 27 se ajusta para desviar el primer fluido 25 de transferencia al evaporador 20 de la bomba de calor desde el primer depósito 2 cuando se opera la bomba 26. El PCM del lado frío estará completamente líquido en esta etapa (si el primer depósito 2 se descargó completamente durante la operación previa del modo de descarga, es decir, durante la operación del primer modo de descarga) y preferiblemente estará a su temperatura de punto de fusión, aunque en algunas configuraciones puede estar ligeramente por encima del punto de fusión.

El PCM del lado caliente en el segundo depósito 3 es un PCM encapsulado, de modo que el segundo fluido 28 de transferencia de calor no entra directamente en contacto con el PCM y el PCM no se lava del segundo depósito 3 durante el funcionamiento. La encapsulación se configura de una manera que permite un buen contacto térmico del segundo fluido 28 de transferencia de calor con el material PCM (por ejemplo, esferas encapsuladas múltiples, placas planas, pilas de tubos, etc.) y no impide significativamente el flujo del segundo fluido 28 de transferencia calor a través del segundo depósito 3 durante el funcionamiento.

Antes de la operación en el modo de carga, las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales pueden abrirse (si están presentes), y las válvulas 41 y 43 de aislamiento opcionales pueden cerrarse (si están presentes). Las válvulas 32 y 33 opcionales de tres vías están configuradas para desviar el segundo fluido 28 de transferencia de calor únicamente al condensador 21 de refrigeración, o a una posición adecuada si también se va a utilizar alguna fuente de calor adicional a través del intercambiador 31 de calor, desde el segundo depósito 3 cuando se opera una bomba 29. El PCM del lado caliente será completamente sólido en esta etapa (si el segundo depósito 3 se descargó completamente durante la operación previa del modo de descarga, es decir, durante la operación del segundo modo de descarga) y no se ha agregado calor adicional desde entonces a través del intercambiador 31 de calor. El PCM del lado caliente estará preferiblemente a su temperatura de punto de fusión, aunque en algunas configuraciones puede estar ligeramente por debajo del punto de fusión.

Cuando funciona en el modo de carga, la bomba 1 de calor se activa (por ejemplo, conectada a un suministro de energía eléctrica o mecánica) para accionar el compresor 19 de refrigeración. Esto calienta y presuriza el refrigerante gaseoso dentro de la bomba 1 de calor antes de entrar en el condensador 21 de refrigeración. En consecuencia, se suministra calor al segundo fluido 28 de transferencia de calor que está circulando a través de la bomba 29 a través del otro lado del condensador 21 de refrigeración. Al ceder calor al segundo fluido 28 de transferencia de calor se condensa el refrigerante de la bomba de calor a una fase de líquido que luego entra en la válvula 22 de expansión, y esto reduce su presión y, en consecuencia, su punto de ebullición. El refrigerante que ingresa al evaporador 20 de refrigeración se hierve a medida que extrae calor del primer fluido 25 de transferencia de calor que circula a través del otro lado del evaporador 20 de refrigeración a través de la bomba 26.

El funcionamiento del modo de carga puede preferiblemente (aunque no necesariamente) continuar hasta que se solidifique todo el PCM del lado frío. Esto será detectable por la temperatura del primer fluido 25 de transferencia de calor que cae notablemente a medida que el calor extraído del primer depósito 2 ya no proviene del calor de fusión latente del PCM del lado frío.

En ciertas realizaciones preferibles, la masa del PCM del lado caliente en el segundo depósito 3 puede ajustarse de modo que la instancia en la que se solidifica todo el PCM del lado frío coincida con la instancia en la que todo el lado caliente PCM está fundido. En términos prácticos, y para permitir la recuperación opcional del calor residual de fuentes alternativas, la masa del PCM del lado caliente puede exceder este valor sin afectar el rendimiento del sistema de ninguna manera.

En ciertas realizaciones, el funcionamiento del modo de carga cesa en, o antes, en el punto en que todo el PCM del lado frío se vuelve sólido, de modo que no se utiliza energía para proporcionar un "enfriamiento sensible" al PCM del lado frío. De esta manera, se puede mantener un diferencial de temperatura fijo y, por lo tanto, un coeficiente de

rendimiento, a través de la bomba 1 de calor, lo que permite optimizar el diseño de la bomba de calor y la selección de refrigerante en un único punto de operación.

5 En ciertas realizaciones, durante la operación del modo de almacenamiento, la bomba 1 de calor puede no funcionar, ni ningún componente en el primer circuito 4 termodinámico.

Si el aparato 400 está operando puramente como un sistema de almacenamiento de energía sin recuperación de fuentes de calor adicionales, tampoco es necesario operar ningún componente en el segundo circuito 5 termodinámico.

10 Si hay disponibles fuentes de calor adicionales, el segundo depósito 3 puede cargarse continuamente configurando las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales en posiciones tales que la operación de la bomba 29 desvía el segundo fluido 28 de transferencia de calor a través del intercambiador 31 de calor para hacer uso de la fuente de calor continua o intermitente durante el funcionamiento del modo de carga.

15 Al igual que con la realización descrita anteriormente en relación con la Fig. 3, la descarga del primer y segundo circuitos 4, 5 termodinámicos puede realizarse independientemente o simultáneamente dependiendo de los requisitos de energía locales. Es decir, un primer modo de descarga puede permitir la descarga del primer circuito 4 termodinámico, y un segundo modo de descarga puede permitir la descarga del segundo circuito 5 termodinámico. El primer y segundo expansores 6, 11 pueden estar en reposo antes de la operación de los modos de descarga, o pueden ser manejados de manera tal que estén a la velocidad de operación antes de la introducción del primer y segundo fluidos 23, 24 de trabajo. En las realizaciones en las que puede requerirse energía instantánea, el almacenamiento 53 capacitivo puede incluirse en la electrónica 52 de potencia/accionamiento para proporcionar un suministro instantáneo (ver Figura 10). En realizaciones alternativas, se pueden proporcionar otros medios de almacenamiento de energía no térmica adicionales que pueden ser, por ejemplo, mecánicos o eléctricos. Por ejemplo, los medios adicionales de almacenamiento de energía no térmica pueden ser un volante o una batería.

Antes de la operación del primer modo de descarga, la válvula 27 de tres vías está posicionada de tal manera que la operación de la bomba 26 desvía el primer fluido 25 de transferencia de calor a través del primer condensador 7.

30 Tras la operación del primer modo de descarga, la bomba 8 bombea el primer fluido 23 de trabajo al primer evaporador 9, donde es calentado y evaporado por una fuente de calor. En ciertas realizaciones no limitantes, la fuente de calor puede ser una fuente de calor ambiental. El primer fluido 23 de trabajo luego pasa a través del intercambiador 36 de calor opcional para recoger cualquier calor residual del segundo fluido 24 de trabajo a medida que sale del segundo expansor 11 (si se está operando el segundo modo de descarga). Esto calienta aún más el primer fluido 23 de trabajo gaseoso (por ejemplo, lo sobrecalienta), o alternativamente podría usarse para elevar la temperatura a la que se evapora el primer fluido 23 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor en este intercambiador 36 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de entrar en el primer expansor 6.

40 Antes de entrar en el primer expansor 6, el primer fluido 23 de trabajo puede pasar a través del intercambiador 16 de calor opcional si hay disponible una fuente 30 de calor adicional. Esto calienta aún más el primer fluido 23 de trabajo gaseoso (por ejemplo, lo sobrecalienta), o alternativamente podría usarse para elevar la temperatura a la que se evapora el primer fluido 23 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor en este intercambiador 16 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de la entrada en el primer expansor 6.

45 El primer fluido 23 de trabajo gaseoso entra en el primer generador de expansor 6 y, debido a la diferencia de presión a través del expansor establecido por la presión de condensación en el primer condensador 7 y la fuente de calor. Para evaporar el primer fluido 23 de trabajo, el primer fluido 23 de trabajo acciona el generador expansor 6 a medida que se expande y convierte la energía extraída de la fuente de calor en el primer evaporador 9 (y opcionalmente los intercambiadores 36 y 16 de calor) en energía eléctrica o mecánica.

50 El primer fluido 23 de trabajo sale del primer expansor 6 mientras todavía está en un estado gaseoso y entra en el primer condensador 7. La bomba 26 bombea el primer fluido 25 de transferencia de calor desde el primer depósito 2 al primer condensador 7. Esto pone el primer fluido 23 de funcionamiento en contacto térmico con el primer depósito 2 que condensa el primer fluido 23 de trabajo a medida que el primer fluido 25 de transferencia de calor absorbe calor de él. El primer fluido 23 de trabajo condensado puede entonces opcionalmente ingresar primero al almacenamiento 37 temporal (si está presente) y luego ingresar a la bomba 8, o ser arrastrado directamente a la bomba 8 una vez más para que el ciclo continúe. El primer fluido 25 de transferencia de calor que sale del primer condensador 7 regresa al primer depósito 2 donde intercambia calor con el PCM del lado frío, causando su fusión gradual cuando se opera el primer modo de descarga.

60 La operación del primer modo de descarga puede progresarse para fundir parcial o totalmente el PCM del lado frío y aún permitir que la próxima operación del modo de carga comience con el PCM del lado frío todavía a su temperatura de punto de congelación. Alternativamente, en algunas realizaciones puede ser preferible operar el primer modo de descarga hasta después del caso en que todo el PCM del lado frío se funda si aún se puede generar energía sensible, esto significa que la bomba 1 de calor funcionará en un rango de temperatura durante la siguiente operación del modo de carga. En cualquier caso, una indicación de que el PCM del lado frío se ha fundido completamente puede

65

proporcionarse mediante un aumento medible de la temperatura del primer fluido 25 de transferencia de calor en, o saliendo, del primer depósito 2.

5 Antes de operar el segundo modo de descarga, se pueden abrir las válvulas 41 y 43 de aislamiento opcionales (si están presentes). Las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales pueden cerrarse (si están presentes) si no hay entrada de calor adicional disponible a través del intercambiador 31 de calor durante la operación del segundo modo de descarga. Si hay disponibles fuentes de calor adicionales, el segundo depósito 3 puede cargarse continuamente configurando las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales en posiciones tales que la operación de la bomba 29 desvía el segundo fluido 28 de transferencia de calor a través del intercambiador 31 de calor para hacer uso de la fuente de calor continua durante la operación del segundo modo de descarga y dejando abiertas las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales. Esto permite la carga simultánea del segundo depósito 3 y la operación del segundo modo de descarga sin la operación de la bomba 1 de calor.

15 Al operar el segundo modo de descarga, la bomba 39 se opera para hacer circular el segundo fluido 28 de transferencia de calor desde el segundo depósito 3 al segundo evaporador 14. Al salir del segundo evaporador 14, el segundo fluido 28 de transferencia de calor se devuelve al segundo depósito 3 para permitir la circulación continua. La bomba 13 funciona para bombear el segundo fluido 24 de trabajo al otro lado del segundo evaporador 14 donde se evapora utilizando el calor del segundo fluido 28 de transferencia de calor.

20 El segundo fluido 24 de trabajo sale del segundo evaporador 14 y, antes de entrar al segundo expansor 11, puede pasar a través del intercambiador 18 de calor opcional si hay disponible una fuente 30 de calor adicional/residual. Esto calienta el segundo fluido 24 de trabajo gaseoso más (por ejemplo, agregando sobrecalentamiento), o alternatively podría usarse para elevar la temperatura a la que se evapora el segundo fluido 24 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor en este intercambiador 18 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de entrar en el segundo expansor 11.

30 El segundo fluido 24 de trabajo gaseoso entra en el segundo expansor 11 y, debido a la diferencia de presión a través del segundo expansor 11 (establecido por la presión de condensación del segundo fluido 24 de trabajo en segundo condensador 12 y la fuente de calor utilizada para evaporar el segundo fluido 24 de trabajo), el segundo fluido 24 de trabajo impulsa el expansor 11 (a medida que se expande) convirtiendo la energía extraída del segundo fluido 28 de transferencia de calor (y opcionalmente el intercambiador 18 de calor) en electricidad o energía mecánica.

35 Al salir del segundo expansor 11, el segundo fluido 24 de trabajo sigue siendo gaseoso y luego puede entrar en el intercambiador 36 de calor opcional donde puede intercambiar cualquier calor residual que sería termodinámicamente ventajoso para el primer fluido 23 de trabajo si el primer modo de descarga también está siendo operado

40 El segundo fluido 24 de trabajo entra luego en el segundo condensador 12 donde es condensado por el disipador 15 de calor auxiliar en el otro lado del segundo condensador 12. En ciertas realizaciones no limitantes, el disipador 15 de calor auxiliar puede ser un disipador de calor ambiente.

Alternativamente, si fuera termodinámicamente ventajoso, el aparato 400 podría configurarse de modo que el segundo fluido 24 de trabajo se condense en el intercambiador 36 de calor opcional y luego se subenfrie en el segundo condensador 12.

45 El segundo fluido 24 de trabajo condensado entonces opcionalmente, primero puede ingresar al almacenamiento 38 temporal (si está presente) y luego ingresar a la bomba 13, o ser arrastrado directamente a la bomba 13 para que el ciclo continúe y ser bombeado nuevamente al segundo evaporador 14 (a través del intercambiador 17 de calor opcional) donde una alternativa/la fuente 30 de calor residual puede precalentar el segundo fluido 24 de trabajo, si está disponible.

50 Este proceso puede continuar y causar la solidificación gradual del PCM del lado caliente a medida que el segundo fluido 24 de trabajo absorbe calor (a través del segundo fluido 28 de transferencia de calor) a medida que se evapora.

55 La operación del segundo modo de descarga puede progresarse para solidificar parcial o totalmente el PCM del lado caliente y aún permitir que la próxima operación del modo de carga comience con el PCM del lado caliente todavía a su temperatura de punto de fusión. Alternativamente, en algunas circunstancias puede ser preferible operar el segundo modo de descarga hasta después de la instancia en que todo el PCM del lado caliente se solidifica, si aún se puede generar energía sensible. Esto significa que la bomba 1 de calor funcionará en un rango de temperatura durante la próxima operación del modo de carga. En cualquier caso, una indicación de que el PCM del lado caliente se ha solidificado completamente puede proporcionarse por una caída medible de la temperatura del segundo fluido 28 de transferencia de calor en, o saliendo, del segundo depósito 3.

La Fig. 5 muestra un aparato de ciclo 500 termodinámico de acuerdo con una realización de la presente invención.

En la realización de la Fig. 5, se utilizan PCM sin encapsular en los depósitos 2, 3 primero y segundo para almacenar o ceder calor a una temperatura relativamente constante a medida que el PCM cambia la fase de líquido a sólido o viceversa.

5 El PCM del lado frío en el primer depósito 2 no está encapsulado de ninguna manera. El primer fluido 25 de transferencia de calor está en contacto directo con el PCM del lado frío. Las dos sustancias se eligen de modo que no sean miscibles y tengan una gravedad específica diferente, de modo que no se mezclen fácilmente y se separen bajo la gravedad cuando el PCM está en fase líquida y sólida. Debido a esta separación natural, es posible ubicar un puerto de succión de modo que, durante el funcionamiento del modo de carga, solo el primer fluido 25 de transferencia de calor se extraiga del primer depósito 2 mientras que simultáneamente permite un contacto térmico óptimo con el PCM del lado frío.

15 Esta separación natural también permite la ubicación de un puerto de succión de modo que, durante la operación del primer modo de descarga, solo una mezcla 45 de suspensión sólida/líquida del PCM del lado frío se extrae del primer depósito 2. Se apreciará que puede haber trazas del primer fluido 25 de transferencia de calor arrastrado dentro de la suspensión 45, pero estas trazas serán mínimas.

20 Antes de la operación del modo de carga, el PCM del lado frío estará completamente líquido (si el primer depósito 2 se descargó completamente durante la operación previa del primer modo de descarga) y preferiblemente estará a su temperatura de punto de fusión, aunque en algunas Realizaciones puede estar ligeramente por encima del punto de fusión.

25 El PCM del lado caliente en el segundo depósito 3 no está encapsulado de ninguna manera. El segundo fluido 28 de transferencia de calor está en contacto directo con el PCM del lado caliente. Las dos sustancias se eligen de modo que no sean miscibles y tengan una gravedad específica diferente, de modo que no se mezclen fácilmente y se separen bajo la gravedad cuando el PCM está en fase líquida y sólida. Debido a esta separación natural, es posible ubicar un puerto de succión de modo que, durante la operación del segundo modo de descarga, solo el segundo fluido 28 de transferencia de calor se extraiga del segundo depósito 3 mientras que simultáneamente permite un contacto térmico óptimo con el lado caliente PCM.

30 Esta separación natural también permite la ubicación de un puerto de succión de modo que, durante el funcionamiento del modo de carga, solo una mezcla 44 de suspensión sólida/líquida del PCM del lado caliente se extrae del segundo depósito 3. Se aprecia que puede haber trazas del segundo fluido 28 de transferencia de calor atrapadas dentro de la suspensión, pero estas trazas serán mínimas.

35 Antes de la operación del modo de carga, las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales pueden abrirse (si están presentes), y las válvulas 41 y 43 de aislamiento opcionales pueden cerrarse (si están presentes). Las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales están configuradas para desviar la suspensión 44 de PCM del lado caliente únicamente al condensador 21 de refrigeración, o a una posición adecuada si también se va a utilizar alguna fuente de calor adicional (a través del intercambiador 31 de calor), desde el segundo depósito 3 cuando se opera la bomba 29. El PCM del lado caliente estará en una suspensión sólida/líquida en esta etapa, donde el contenido exacto de sólido a líquido dependerá de cuánto tiempo estuvo funcionando el segundo modo de descarga anterior y si se ha agregado calor adicional desde entonces a través del intercambiador 31 de calor. El PCM del lado caliente estará preferiblemente a su temperatura de punto de fusión.

45 Durante el funcionamiento del modo de carga, la bomba 1 de calor se energiza para accionar el compresor 19 de refrigeración. Esto calienta y presuriza el refrigerante gaseoso dentro de la bomba 1 de calor antes de que ingrese al condensador 21 de refrigeración. Por lo tanto, se suministra calor a la suspensión 44 PCM del lado caliente que se hace circular a través de la bomba 29 por medio del otro lado del condensador 21 de refrigeración. Al ceder el calor a la suspensión 44 PCM caliente condensa el refrigerante de la bomba de calor a una fase líquida que luego entra en la válvula 22 de expansión de refrigeración que reduce su presión y, en consecuencia, su punto de ebullición. El refrigerante que ingresa al evaporador 20 de refrigeración se hierve cuando extrae calor del primer fluido 25 de transferencia de calor que circula a través del otro lado del evaporador 20 de refrigeración a través de la bomba 26.

55 Durante esta fase, el primer fluido 25 de transferencia de calor se regresa al primer depósito 2 después de dejar el evaporador 20 de refrigeración en un punto donde inmediatamente entrará en contacto con el PCM del lado frío de la fase líquida. Si el PCM del lado frío de la fase líquida ya está en su temperatura de punto de fusión, se formarán pequeñas partículas sólidas en contacto con el primer fluido 25 de transferencia de calor que volverá a entrar en el primer depósito 2. Debido a la inmiscibilidad de las sustancias y sus diferentes gravedades específicas, se separarán permitiendo que el primer fluido 25 de transferencia de calor sea bombeado continuamente fuera del primer depósito 2 y a través del evaporador 20 de refrigeración durante el funcionamiento del modo de carga. Las partículas solidificadas de PCM del lado frío se elevarán o se hundirán en la PCM del lado frío de la fase líquida dependiendo de las propiedades de la sustancia. Esto hace que una acumulación de suspensión de PCM del lado frío se concentre dentro del primer depósito 2. La operación del modo de carga puede continuar preferiblemente hasta el caso en que toda la suspensión de PCM del lado frío haya alcanzado la densidad máxima de sólidos deseada dentro del primer depósito 2.

Durante el funcionamiento del modo de carga, la suspensión 44 de PCM caliente que pasa a través del condensador 21 de refrigeración, y/o el intercambiador 31 de calor opcional, se fundirá continuamente a medida que la bomba 1 de calor transfiere calor al mismo.

Es posible, pero no esencial, sintonizar la masa del segundo PCM en el segundo depósito 3 de modo que cuando ocurra el caso de que la densidad máxima de sólidos de suspensión de PCM del lado frío, coincida con el caso de que todo el PCM de lado caliente esté fundido. En términos prácticos, y para permitir la recuperación opcional del calor residual de fuentes alternativas, la masa del PCM del lado caliente puede exceder este valor sin afectar el rendimiento del sistema de ninguna manera.

La operación del modo de carga puede cesar en, o antes, en el caso de que la suspensión de PCM del lado frío alcance la densidad de sólidos máxima permitida de modo que no se use energía para proporcionar "enfriamiento sensible" al PCM del lado frío. De esta manera, se puede mantener un diferencial de temperatura fijo y, por lo tanto, un coeficiente de rendimiento, a través de la bomba 1 de calor, lo que permite optimizar el diseño de la bomba de calor y la selección de refrigerante en un único punto de operación.

En ciertas realizaciones, durante la operación del modo de almacenamiento, la bomba 1 de calor no funciona, y tampoco hay ningún componente en el primer circuito 4 termodinámico.

Si el aparato 500 está operando puramente como un sistema de almacenamiento de energía sin recuperación de fuentes de calor adicionales, el aparato 500 puede estar en reposo sin componentes activos en el segundo circuito 5 termodinámico.

Si hay disponibles fuentes 30 de calor adicionales, el segundo depósito 3 puede cargarse continuamente configurando válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales a posiciones tales que el funcionamiento de la bomba 29 desvía la suspensión 44 PCM del lado caliente a través del intercambiador 31 de calor para hacer uso de la fuente de calor continua o intermitente durante la fase de almacenamiento.

Al igual que con las realizaciones descritas anteriormente en relación con las Figuras 3 y 4, la descarga de los depósitos 2, 3 primero y segundo se puede hacer de forma independiente o simultánea dependiendo de los requisitos de energía locales. Es decir, un primer modo de descarga puede permitir la descarga del primer depósito 2, y un segundo modo de descarga puede permitir la descarga del segundo depósito 3. Los expansores 6, 11 primero y segundo pueden estar en reposo antes de la descarga, o pueden ser manejados de manera tal que estén a velocidad de operación antes de la introducción del primer y segundo fluidos 23, 24 de trabajo. En las realizaciones en las que puede requerirse energía instantánea, el almacenamiento 53 capacitivo puede incluirse en la electrónica 52 de potencia/accionamiento para proporcionar un suministro instantáneo (ver Figura 10). En realizaciones alternativas, se pueden proporcionar otros medios de almacenamiento de energía no térmica adicionales que pueden ser, por ejemplo, mecánicos o eléctricos. Por ejemplo, los medios adicionales de almacenamiento de energía no térmica pueden ser un volante o una batería.

Al operar el primer modo de descarga, la bomba 8 bombea el primer fluido 23 de trabajo al primer evaporador 9 donde es calentado y evaporado por la fuente 10 de calor auxiliar. En ciertas realizaciones no limitantes, la fuente de calor auxiliar puede ser una fuente de calor ambiental. El primer fluido 23 de trabajo luego pasa a través del intercambiador 36 de calor opcional para recoger cualquier calor residual del segundo fluido 24 de trabajo a medida que sale del segundo expansor 11 (si el segundo modo de descarga también está funcionando). Esto calienta aún más el primer fluido 23 de trabajo gaseoso (por ejemplo, lo sobrecalienta), o alternativamente podría usarse para elevar la temperatura a la que se evapora el primer fluido 23 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor en este intercambiador 36 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de la entrada en el primer expansor 6.

Antes de la entrada en el primer expansor 6, el primer fluido 23 de trabajo puede pasar a través del intercambiador 16 de calor opcional, si hay disponible una fuente 30 de calor adicional. Esto calienta el primer fluido 23 de trabajo gaseoso más (por ejemplo, lo sobrecalienta), o alternativamente podría usarse para elevar la temperatura a la que se evapora el primer fluido 23 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor en este intercambiador 16 de calor (si es termodinámicamente favorable) antes de entrar en el primer expansor 6.

El primer fluido 23 de trabajo gaseoso entra en el primer expansor 6 y, debido a la diferencia de presión a través del primer expansor 6 (establecido por la presión de condensación en el primer condensador 7 y la fuente de calor usa para evaporar el primer fluido 23 de trabajo), el primer fluido 23 de trabajo impulsa el expansor 6 (a medida que se expande), convirtiendo la energía extraída de la fuente de calor auxiliar en el primer evaporador 9 (y opcionalmente los intercambiadores 36 y 16 de calor) a energía eléctrica o mecánica.

El primer fluido 23 de trabajo sale del primer expansor 6 mientras todavía está en un estado gaseoso y entra en el primer condensador 7. La bomba 46 bombea la suspensión 45 de PCM del lado frío desde el primer depósito 2 al primer condensador 7. Esto pone el primer fluido 23 de trabajo en contacto térmico con la suspensión de PCM 45 del lado frío que condensa el primer fluido 23 de trabajo a medida que la suspensión 45 de PCM absorbe el calor y se

funde. El primer fluido 23 de trabajo condensado puede entonces opcionalmente ingresar primero al almacenamiento 37 temporal (si está presente) y luego ingresar a la bomba 8, o ser arrastrado directamente a la bomba 8 una vez más para que el ciclo continúe. El PCM del lado frío que sale del primer condensador 7 vuelve al primer depósito 2 como totalmente líquido o con una mayor proporción de líquido. Este proceso derrite gradualmente la suspensión 45 de PCM del lado frío a medida que se opera el primer modo de descarga.

La operación del primer modo de descarga puede progresar para derretir parcial o totalmente la suspensión 45 de PCM del lado frío y aún permitir que la próxima operación del modo de carga comience con el PCM del lado frío todavía a su temperatura de punto de congelación. Alternativamente, en algunas realizaciones, puede ser preferible operar el primer modo de descarga más allá del punto en el que se funde toda la suspensión 45 de PCM del lado frío, si todavía se puede generar energía sensible. Esto significa que la bomba 1 de calor funcionará en un rango de temperatura durante la próxima operación del modo de carga. En cualquier caso, una indicación de que el PCM del lado frío se ha fundido completamente puede ser detectable por un aumento de la temperatura del PCM del lado frío en, o saliendo, del primer depósito 2.

Antes de operar el segundo modo de descarga, las válvulas 41 y 43 de aislamiento opcional pueden abrirse (si están presentes). Las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales pueden cerrarse (si están presentes) si no hay entrada de calor adicional disponible a través del intercambiador 31 de calor durante la fase de descarga. Si hay disponibles fuentes de calor adicionales, el segundo depósito 3 se puede cargar continuamente configurando las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales en posiciones tales que el funcionamiento de la bomba 29 desvíe la suspensión 44 PCM del lado caliente a través del intercambiador 31 de calor para hacer uso de la fuente de calor continuo durante el funcionamiento del segundo modo de descarga y dejando abiertas las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales. Esto permite la carga simultánea del segundo depósito 3 y el funcionamiento del segundo modo de descarga sin el funcionamiento de la bomba 1 de calor.

Tras el funcionamiento del segundo modo de descarga, la bomba 39 funciona para hacer circular el segundo fluido 28 de transferencia de calor desde el segundo depósito 3 al segundo evaporador 14. Al salir del segundo evaporador 14, el segundo fluido 28 de transferencia de calor se devuelve al segundo depósito 3 en un punto donde inmediatamente entra en contacto con el PCM del lado caliente de la fase líquida para permitir la circulación continua y enfriamiento del lado caliente PCM. La bomba 13 se acciona para bombear el segundo fluido 24 de trabajo al otro lado del segundo evaporador 14, donde se evapora utilizando el calor del segundo fluido 28 de transferencia de calor.

El segundo fluido 24 de trabajo sale del segundo evaporador 14, y antes de la entrada al segundo expansor 11, puede pasar a través del intercambiador 18 de calor opcional si hay disponible una fuente 30 de calor adicional. Esto calienta el segundo fluido 24 de trabajo gaseoso más (por ejemplo, agregando sobrecalentamiento), o alternativamente podría usarse para elevar la temperatura a la que se evapora el segundo fluido 24 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor en este intercambiador 18 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de entrar en el segundo expansor 11.

El segundo fluido 24 de trabajo gaseoso ingresa al segundo expansor 11 y, debido a la diferencia de presión a través del expansor (establecido por la presión de condensación del segundo fluido 24 de trabajo en el segundo condensador 12 y el calor utilizado para evaporar el segundo fluido 24 de trabajo), el segundo fluido 24 de trabajo impulsa el expansor 11 (a medida que se expande), convirtiendo la energía extraída del segundo fluido 28 de transferencia de calor (y opcionalmente el intercambiador 18 de calor) en energía eléctrica o mecánica.

Al salir del segundo expansor 11, el segundo fluido 24 de trabajo sigue siendo gaseoso y luego puede entrar en el intercambiador 36 de calor opcional donde puede intercambiar cualquier calor residual que sería ventajoso para el primer fluido 23 de trabajo si se está operando el primer modo de descarga al mismo tiempo.

El segundo fluido 24 de trabajo entra entonces en el segundo condensador 12 donde es condensado por el disipador 15 de calor auxiliar en el otro lado del segundo condensador. En ciertas realizaciones no limitantes, el disipador 15 de calor auxiliar puede ser un disipador de calor ambiental.

Alternativamente, si fuera termodinámicamente ventajoso, el aparato 500 podría configurarse de modo que el segundo fluido 24 de trabajo se condense en el intercambiador 36 de calor opcional y luego se enfríe en el segundo condensador 12.

El segundo fluido 24 de trabajo condensado entonces opcionalmente, primero puede ingresar al almacenamiento 38 temporal (si está presente) luego ingresar a la bomba 13, o ser arrastrado directamente a la bomba 13 para que el ciclo continúe y ser bombeado nuevamente al segundo evaporador 14 (a través del intercambiador 17 de calor opcional) donde la fuente 30 de calor alternativo/desperdicio puede precalentar el segundo fluido 24 de trabajo, si está disponible.

A medida que el segundo fluido 28 de transferencia de calor sale del segundo evaporador 14 y vuelve a entrar en el segundo depósito 3, tiene un efecto de enfriamiento en el segundo depósito 3. Una vez que el material PCM del lado caliente ha alcanzado su temperatura de punto de congelación, cualquier enfriamiento adicional a través del segundo

fluido 28 de transferencia de calor hará que se formen pequeñas partículas de PCM del lado caliente solidificado en contacto con el segundo fluido 28 de transferencia de calor que vuelven a entrar en el segundo depósito 3.

5 Debido a la inmiscibilidad de las sustancias y sus diferentes gravedades específicas se separarán permitiendo que el segundo fluido 28 de transferencia de calor sea bombeado continuamente fuera del segundo depósito 3 y a través del segundo evaporador 14 durante la operación del segundo modo de descarga. Las partículas solidificadas de PCM del lado caliente se elevarán o se hundirán en la PCM del lado caliente de la fase líquida dependiendo de las propiedades de la sustancia. Esto hace que una acumulación de la suspensión de PCM del lado caliente se concentre dentro del segundo depósito 3. La operación del segundo modo de descarga puede continuar hasta preferiblemente, pero no esencialmente, el caso en que la suspensión de PCM del lado caliente haya alcanzado la densidad máxima de sólidos deseada dentro del segundo depósito 3.

15 La operación del segundo modo de descarga puede progresarse para solidificar parcial o totalmente la suspensión de PCM del lado caliente a la densidad sólida máxima deseada y aún permitir que la próxima operación del modo de carga comience con el PCM del lado caliente todavía en su temperatura del punto de fusión dentro del segundo depósito 3.

La Fig. 6 muestra un aparato de ciclo termodinámico 600 de acuerdo con una realización de la presente invención.

20 En la realización de la Fig. 6, el primer y el segundo medio de almacenamiento en el primer y segundo depósitos 2, 3, respectivamente, comprenden medios líquidos que no cambian de fase durante las temperaturas normales de funcionamiento. Es decir, el primer medio de almacenamiento es un primer líquido de almacenamiento (o "lado frío") y el segundo medio de almacenamiento es un segundo líquido de almacenamiento (o "lado caliente").

25 El primer líquido de almacenamiento en el primer depósito 2 es un líquido que preferiblemente tiene una alta capacidad calorífica específica y preferiblemente no sufrirá un cambio de fase a medida que se enfría. En esta realización, el primer líquido de almacenamiento y el primer fluido 25 de transferencia de calor son uno y el mismo medio.

30 Antes de la operación del modo de carga, la válvula 27 está configurada para desviar el primer fluido 25 de transferencia de calor al evaporador 20 de refrigeración desde el primer depósito 2 cuando se opera la bomba 26. El líquido de almacenamiento del lado frío estará completamente a su temperatura de almacenamiento más alta si el primer depósito 2 se descarga completamente durante la operación previa del primer modo de descarga (es decir, durante la operación del primer modo de descarga).

35 El segundo líquido de almacenamiento en el segundo depósito 3 es un líquido que preferiblemente tiene una alta capacidad calorífica específica y preferiblemente no sufrirá un cambio de fase a medida que se calienta. En esta realización, el segundo líquido de almacenamiento y el segundo fluido 28 de transferencia de calor son uno y el mismo medio.

40 Antes de la operación del modo de carga, las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales pueden abrirse (si están presentes), y las válvulas 41 y 43 de aislamiento opcionales pueden cerrarse (si están presentes). Las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales se pueden configurar para desviar el segundo fluido 28 de transferencia de calor únicamente al condensador 21 de refrigeración, o a una posición adecuada si también se va a utilizar alguna fuente de calor adicional (a través del intercambiador 31 de calor) desde el segundo depósito 3 cuando se opera la bomba 29. El líquido de almacenamiento térmico del lado caliente estará completamente a su temperatura de almacenamiento más baja si el segundo depósito 3 se descarga completamente durante la operación previa del segundo modo de descarga (es decir, durante la operación del segundo modo de descarga) y si no se ha agregado calor adicional desde intercambiador 31 de calor.

50 Al funcionar en el modo de carga, la bomba 1 de calor se energiza para accionar el compresor 19 de refrigeración. Esto calienta y presuriza el refrigerante gaseoso dentro de la bomba 1 de calor antes de entrar en el condensador 21 de refrigeración y suministrar calor al segundo fluido 28 de transferencia de calor que se hace circular a través de la bomba 29 a través del otro lado del condensador 21 de refrigeración. Al ceder calor al segundo fluido 28 de transferencia de calor se condensa el refrigerante de la bomba de calor a una fase líquida que luego ingresa a la válvula 22 de expansión de refrigeración que reduce su presión y, en consecuencia, su punto de ebullición. El refrigerante que ingresa al evaporador 20 de refrigeración se hierve a medida que extrae calor del primer fluido 25 de transferencia de calor que circula a través del otro lado del evaporador 20 de refrigeración a través de la bomba 26.

55 El funcionamiento del modo de carga puede continuar preferiblemente hasta el momento cuando todo el líquido de almacenamiento térmico del lado frío ha alcanzado su temperatura de almacenamiento más baja. Esto se indicará (y, por lo tanto, es detectable) cuando la temperatura del primer fluido 25 de transferencia de calor alcance un nivel predeterminado.

60 Es posible, pero no esencial, sintonizar la masa del líquido de almacenamiento térmico del lado caliente en el segundo depósito 3 de tal manera que el caso en que todo el líquido de almacenamiento térmico del lado frío se enfríe completamente coincida con el caso en que todo el líquido de almacenamiento térmico del lado caliente se calienta

completamente. En términos prácticos, y para permitir la recuperación opcional del calor residual de fuentes alternativas, la masa del líquido de almacenamiento térmico del lado caliente puede exceder este valor sin afectar el rendimiento del sistema de ninguna manera.

5 Es preferible, aunque no esencial, que la temperatura en el primer y segundo depósito 2, 3 se homogeneice durante el funcionamiento del modo de carga. Esto se puede lograr agitando los depósitos 2, 3 primero y segundo, por ejemplo, haciendo recircular los fluidos 25, 28 de transferencia de calor primero y segundo o por otros medios (aireación, agitadores mecánicos, etc.), y controlando el funcionamiento de la bomba 1 de calor de tal manera que la temperatura de condensación en la bomba 1 de calor está marginalmente por encima de la temperatura del segundo depósito 3 a granel en cualquier punto, y la temperatura de evaporación en la bomba 1 de calor es marginalmente más baja que la temperatura del primer depósito 2 a granel en cualquier punto. Este proceso de carga asegurará que el coeficiente promedio de rendimiento de la bomba 1 de calor para que la duración de la carga sea lo más alto posible para maximizar la eficiencia de ida y vuelta del sistema.

15 En ciertas realizaciones, durante el funcionamiento del modo de almacenamiento, la bomba 1 de calor puede no funcionar, ni ningún componente en el primer circuito 4 termodinámico.

Si el aparato 600 está operando puramente como un sistema de almacenamiento de energía sin recuperación de fuentes de calor adicionales, el aparato 600 puede estar en reposo sin ningún componente en el segundo circuito 5 termodinámico activo.

Si hay disponibles fuentes de calor adicionales, el segundo depósito 3 puede cargarse continuamente configurando las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales en posiciones tales que la operación de la bomba 29 desvía el segundo fluido 28 de transferencia de calor a través del intercambiador 31 de calor para hacer uso de la fuente de calor continua o intermitente durante la fase de almacenamiento.

Al igual que con las realizaciones descritas anteriormente en relación con las Figuras 3, 4 y 5, la descarga del primer y segundo circuitos 4, 5 termodinámicos puede realizarse independientemente o simultáneamente dependiendo de los requisitos de potencia locales. Es decir, un primer modo de descarga puede permitir la descarga del primer circuito 4 termodinámico, y un segundo modo de descarga puede permitir la descarga del segundo circuito 5 termodinámico. El primer y segundo expansores 6, 11 pueden estar en reposo antes de la descarga, o pueden ser manejados de manera tal que estén a la velocidad de operación antes de la introducción del primer y segundo fluidos 23, 24 de trabajo. En las realizaciones en las que puede requerirse energía instantánea, el almacenamiento 53 capacitivo puede incluirse en la electrónica 52 de potencia/accionamiento para proporcionar un suministro instantáneo (ver Figura 10). En realizaciones alternativas, se pueden proporcionar otros medios de almacenamiento de energía no térmica adicionales que pueden ser, por ejemplo, mecánicos o eléctricos. Por ejemplo, los medios adicionales de almacenamiento de energía no térmicos pueden ser un volante o una batería.

Antes de la operación del primer modo de descarga, la válvula 27 de tres vías se coloca de tal manera que la operación de la bomba 26 desvía el primer fluido 25 de transferencia de calor a través del primer condensador 7.

Al operar el primer modo de descarga, la bomba 8 bombea el primer fluido 23 de trabajo al primer evaporador 9 donde se calienta y evapora por calor desde la primera fuente 10 auxiliar. En ciertas realizaciones no limitantes, la fuente 10 de calor auxiliar puede ser una fuente de calor ambiental. El primer fluido 23 de trabajo luego pasa a través del intercambiador 36 de calor opcional para recoger cualquier calor residual del segundo fluido 24 de trabajo a medida que sale del segundo expansor 11 (si el segundo modo de descarga también está funcionando). Esto calienta aún más el primer fluido 23 de trabajo gaseoso (por ejemplo, lo sobrecalienta), o alternativamente podría usarse para elevar la temperatura a la que se evapora el primer fluido 23 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor en este intercambiador 36 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de la entrada en el primer expansor 6.

Antes de la entrada en el primer expansor 6, el primer fluido 23 de trabajo puede pasar a través del intercambiador 16 de calor opcional si hay disponible una fuente 30 de calor adicional. Esto calienta el primer fluido 23 de trabajo gaseoso más (por ejemplo, lo sobrecalienta), o alternativamente podría usarse para elevar la temperatura a la que se evapora el primer fluido 23 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor en este intercambiador 16 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de entrar en el primer expansor 6.

El primer fluido 23 de trabajo gaseoso entra en el primer expansor 6 y, debido a la diferencia de presión a través del primer expansor 6 (establecido por la presión de condensación en el primer condensador 7 y la fuente de calor se usa para evaporar el primer fluido 23 de trabajo), el primer fluido 23 de trabajo acciona el primer expansor 6 (a medida que se expande) convirtiendo la energía extraída de la fuente de calor en el primer evaporador 9 (y opcionalmente los intercambiadores 36 y 16 de calor) a energía eléctrica o mecánica.

El primer fluido 23 de trabajo sale del primer expansor 6 mientras todavía está en un estado gaseoso y entra en el primer condensador 7. La bomba 26 bombea el primer fluido 25 de transferencia de calor desde el primer depósito 2 al primer condensador 7. Esto pone el primer fluido 23 de funcionamiento en contacto térmico con el primer depósito 2, que condensa el primer fluido 23 de trabajo a medida que el fluido 25 de transferencia de calor frío absorbe calor

de este. El primer fluido 23 de trabajo condensado puede entonces opcionalmente ingresar primero al almacenamiento 37 temporal (si está presente) y luego ingresar a la bomba 8, o ser arrastrado a la bomba 8 una vez más para que el ciclo continúe. El primer fluido 25 de transferencia de calor que sale del primer condensador 7 regresa al primer depósito 2 donde intercambia calor y calienta el líquido de almacenamiento térmico del lado frío, a medida que se opera el primer modo de descarga.

El primer modo de descarga puede progresar para calentar parcial o totalmente el líquido de almacenamiento térmico del lado frío y aún permitir que la próxima operación del modo de carga comience a partir de cualquier temperatura a granel alcanzada en la homogeneización. De cualquier manera, el agotamiento completo del primer depósito 2 puede indicarse mediante la detección de un aumento de la temperatura del primer fluido 25 de transferencia de calor, o al salir del primer depósito 2.

Es ventajoso, pero no esencial, que el líquido de almacenamiento térmico del lado frío se extrae del fondo del primer depósito 2 (que puede ser un tanque, por ejemplo), durante el funcionamiento del primer modo de descarga, y se devuelve a la parte superior del primer depósito 2 a un caudal que permita al líquido de almacenamiento térmico en el primer depósito 2 estratificar de manera que el líquido extraído esté siempre a la temperatura de almacenamiento más baja y se devuelva al primer depósito 2 a la temperatura de almacenamiento más alta. Esto dará como resultado la presión de condensación más baja posible para el primer fluido 23 de trabajo en el primer condensador 7 y, por lo tanto, maximizará el cambio de entalpía a través del primer expansor 6.

Antes de operar el segundo modo de descarga, las válvulas 41 y 43 de aislamiento opcionales pueden estar abiertas (si está presente). Las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales pueden cerrarse (si están presentes) si no hay entrada de calor adicional disponible a través del intercambiador 31 de calor durante la operación del segundo modo de descarga. Si hay disponibles fuentes de calor adicionales, el segundo depósito 3 puede cargarse continuamente configurando las válvulas 32 y 33 de tres vías opcionales en posiciones tales que la operación de la bomba 29 desvía el segundo fluido 28 de transferencia de calor a través del intercambiador 31 de calor para hacer uso de la fuente de calor continuo durante la operación del segundo modo de descarga y dejando abiertas las válvulas 40 y 42 de aislamiento opcionales. Esto permite la carga simultánea del segundo depósito 3 y la operación del segundo modo de descarga sin la operación de la bomba 1 de calor.

Al operar el segundo modo de descarga, la bomba 39 se opera para hacer circular el segundo fluido 28 de transferencia de calor desde el segundo depósito 3 al segundo evaporador 14. Al salir del segundo evaporador 14, el segundo fluido 28 de transferencia de calor se devuelve al segundo depósito 3 para permitir la circulación continua. La bomba 13 se opera para bombear el segundo fluido 24 de trabajo al otro lado del segundo evaporador 14 donde se evapora utilizando el calor del segundo fluido 28 de transferencia de calor.

El segundo fluido 24 de trabajo sale del segundo evaporador 14, y antes de entrar en el segundo expansor 11, puede pasar a través del intercambiador 18 de calor opcional si hay disponible una fuente 30 de calor adicional/residual. Esto calienta el segundo fluido 24 de trabajo gaseoso más (por ejemplo, agregando sobrecalentamiento), o alternativamente podría usarse para elevar la temperatura a la que se evapora el segundo fluido 24 de trabajo empujando el nivel de líquido/vapor en este intercambiador 18 de calor (si es termodinámicamente favorable), antes de entrar en el segundo expansor 11.

El segundo fluido 24 de trabajo gaseoso entra en el segundo expansor 11 y, debido a la diferencia de presión a través del expansor (establecido por la presión de condensación del segundo fluido 24 de trabajo en el segundo condensador 12 y la fuente de calor utilizada para evaporar el segundo fluido 24 de trabajo), el segundo fluido 24 de trabajo acciona el segundo expansor 11 (a medida que se expande) convirtiendo la energía extraída del segundo fluido 28 de transferencia de calor (y opcionalmente el intercambiador 18 de calor) a energía eléctrica o mecánica.

Al salir del segundo expansor 11, el segundo fluido 24 de trabajo sigue siendo gaseoso y luego puede entrar en el intercambiador 36 de calor opcional donde puede intercambiar cualquier calor residual que sería ventajoso para el primer fluido 23 de trabajo si el primer modo de descarga está en funcionamiento al mismo tiempo.

El segundo fluido 24 de trabajo luego ingresa al segundo condensador 12 donde es condensado por el disipador 15 de calor auxiliar en el otro lado del segundo condensador 12. En ciertas realizaciones no limitantes, el disipador de calor auxiliar puede ser un disipador de calor ambiente.

Alternativamente, si fuera termodinámicamente ventajoso, el aparato 600 podría configurarse de modo que el segundo fluido 24 de trabajo se condense en el intercambiador 36 de calor opcional y luego se subenfriara en el segundo condensador 12.

El segundo fluido 24 de trabajo condensado luego, opcionalmente, primero puede ingresar al almacenamiento 38 temporal (si está presente) y luego ingresar a la bomba 13, o ser arrastrado directamente a la bomba 13 para que el ciclo continúe y sea bombeado nuevamente al segundo evaporador 14 a través del intercambiador 17 de calor opcional donde hay una fuente 30 de calor alternativo/desperdicio que puede precalentar el fluido 24 de trabajo, si está disponible.

El funcionamiento del segundo modo de descarga provoca gradualmente el enfriamiento del líquido de almacenamiento térmico del lado caliente a medida que el segundo fluido 24 de trabajo absorbe calor a través del segundo fluido 28 de transferencia de calor a medida que se evapora.

La operación del segundo modo de descarga puede progresar para enfriar parcial o totalmente el segundo depósito 3 y permitir que la próxima operación del modo de carga comience a partir de la temperatura total alcanzada en la homogeneización. De cualquier manera, el agotamiento total del segundo depósito 3 puede estar indicado por (y, por lo tanto, detectado) por una caída de la temperatura del segundo fluido 28 de transferencia de calor, o al salir, del segundo depósito 3.

Es ventajoso, pero no esencial, que el líquido de almacenamiento térmico del lado caliente se extraiga de la parte superior del segundo depósito 3 (que puede ser un tanque, por ejemplo), durante el funcionamiento del segundo modo de descarga, y se devuelve al fondo del segundo depósito 3 a una velocidad de flujo que permite que el líquido de almacenamiento térmico en el segundo depósito 3 se estratifique de tal manera que el líquido extraído esté siempre a la temperatura de almacenamiento más alta y se devuelva al segundo depósito 3 a la temperatura de almacenamiento más baja. Esto dará como resultado la presión de evaporación más alta posible para el segundo fluido 24 de trabajo en el segundo evaporador 14 y, por lo tanto, maximizará el cambio de entalpía a través del segundo expansor 11.

La Fig. 7 muestra un aparato 700 de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización de la presente invención. En la realización de la Fig. 7, el primer depósito 2 comprende dos primeros recipientes 2a, 2b separados y el segundo depósito 3 comprende dos segundos recipientes 3a, 3b separados. El primer y segundo medio de almacenamiento son líquidos que no cambian de fase durante el funcionamiento normal del aparato 700. De esta manera, la energía térmica puede almacenarse mediante calentamiento y enfriamiento sensibles en el primer y segundo recipientes 2a, 2b, 3a, 3b. A medida que el primer medio de almacenamiento se calienta y enfría, se mueve (por ejemplo, bombeado) de un lado a otro entre los dos primeros recipientes 2a, 2b. De manera similar, a medida que el segundo medio de almacenamiento se calienta y enfría, se mueve (por ejemplo, bombeado) hacia adelante y hacia atrás entre los dos segundos recipientes 3a, 3b.

La Fig. 8 muestra un aparato de ciclo termodinámico 800 de acuerdo con una realización de la presente invención. En la realización de la Fig. 8, se proporciona un tercer depósito 50 que sirve como un almacenamiento térmico templado intermedio. Cada uno del primer depósito 2, el segundo depósito 3 y el tercer depósito 50 comprende un tanque de almacenamiento con uno o más intercambiadores de calor en el mismo. La realización de la Fig. 8 ejemplifica cómo, con cierta simplificación, la colocación de intercambiadores de calor en los tanques permite eliminar algunas cargas de bombeo auxiliares. Además, el calor residual que sale del segundo depósito 3 puede capturarse en el tercer depósito 50. Estas características pueden incluirse en cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente. En la realización específica de la Fig. 8, el primer y el segundo medio de almacenamiento son medios líquidos que no cambian de fase durante el funcionamiento normal del aparato 800. De esta manera, la energía térmica puede almacenarse mediante calentamiento y enfriamiento sensibles en el primer y segundo depósitos 2, 3.

La Fig. 9 muestra esquemáticamente un aparato 900 de ciclo termodinámico de acuerdo con una realización de la presente invención. El aparato 900 de la Fig. 9 es idéntico al aparato 100 de la Fig. 1 pero incluye adicionalmente una fuente 54 de calor y un disipador 55 de calor. Como tal, los componentes 54 y 55 adicionales, y la operación asociada (descrita a continuación) pueden incorporarse en cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente.

La fuente 54 de calor permite que la bomba 1 de calor funcione y caliente el segundo depósito 3 sin extraer calor del primer depósito 2. Esta disposición se puede utilizar si el aparato 900 se hizo funcionar previamente en el segundo modo de descarga sin el primer modo de descarga en funcionamiento (es decir, para "recargar" el segundo depósito 3).

El disipador 55 de calor permite que la bomba 1 de calor funcione para enfriar el primer depósito 2 sin calentar el segundo depósito 3. Esta disposición se puede utilizar si el aparato 900 se hizo funcionar previamente en el primer modo de descarga sin el segundo modo de descarga en funcionamiento (es decir, para "recargar" el primer depósito 2).

La Fig. 10 muestra esquemáticamente la electrónica 52 de potencia que puede utilizarse en ciertas realizaciones de la presente invención. La electrónica 52 de potencia se muestra conectada eléctricamente a un generador expansor, que puede incluir el primer expansor 6 o el segundo expansor 11. La electrónica 52 de potencia está configurada para acondicionar el generador de potencia del generador expansor 6, 11 y manejar cualquier protocolo de conexión a la red local. Se proporciona almacenamiento 53 capacitivo (por ejemplo, un condensador) y puede servir para reducir el tiempo entre la demanda de energía y la entrega de energía cuando existe un bus de voltaje de CC entre etapas. La electrónica 52 de potencia también puede utilizarse para accionar el generador expansor 6, 11 para permitir tiempos de arranque más rápidos cuando se requiere potencia. En realizaciones alternativas, se pueden proporcionar otros medios de almacenamiento de energía no térmica adicionales en lugar de o además del almacenamiento 53 capacitivo que puede ser, por ejemplo, mecánico o eléctrico. Por ejemplo, los medios adicionales de almacenamiento de energía no térmica pueden ser un volante, aire comprimido (u otro gas) o una batería.

En ciertas realizaciones, las temperaturas de almacenamiento del primer y segundo medio de almacenamiento (en el primer y segundo depósitos 2, 3) pueden ser 200 °C o menos, 100 °C o menos, -50 °C o más y/o -30 °C o más. En ciertas realizaciones, la diferencia entre la temperatura de almacenamiento del primer medio de almacenamiento y la temperatura de almacenamiento del segundo medio de almacenamiento puede estar entre 30 °C y 120 °C. En ciertas realizaciones, la diferencia entre la temperatura de almacenamiento del primer medio de almacenamiento y la temperatura de almacenamiento del segundo medio de almacenamiento puede estar entre 30 °C y 60 °C, o aproximadamente 50 °C, o entre 80 °C y 120 °C, o aproximadamente 100 °C. Por ejemplo, la temperatura de almacenamiento en el primer depósito puede ser de aproximadamente 0 °C y la temperatura de almacenamiento en el segundo depósito puede ser de aproximadamente 50 °C. Por lo tanto, las realizaciones de la presente invención pueden operar a temperaturas modestas y sensibles en contraste con muchas disposiciones de la técnica anterior que requieren altas temperaturas de varios cientos de grados Celsius y bajas temperaturas a -100 °C o menos. La presente invención puede lograr esto, en ciertas realizaciones, utilizando fuentes de calor abundantes y libremente disponibles, tales como calor del entorno, ambiental y residual. En tales realizaciones, una baja eficiencia de conversión de una fuente de calor abundante supera las pérdidas termodinámicas incurridas al operar a temperaturas relativamente modestas. Al proporcionar la capacidad de descargar independientemente la energía almacenada en el primer depósito en relación con la energía almacenada en el segundo depósito, la ingeniería del aparato se simplifica enormemente. Esto significa que dicho aparato puede ensamblarse a partir de componentes fácilmente disponibles y ofrecer una atractiva eficiencia de ida y vuelta y a un bajo coste de capital.

En ciertas realizaciones no limitantes, las fuentes de calor usadas para agregar calor en los componentes 9, 16, 31, 18 (que son intercambiadores de calor) pueden seleccionarse de: fuentes de aire ambiente externo, fuentes de aire desde el interior de edificios y viviendas que van a tener aire acondicionado, rechazar el calor de los sistemas de aire acondicionado o refrigeración existentes, fuentes de agua ambiental (por ejemplo, salmuera, agua de mar, agua salobre, lagos, estanques, ríos, canales, acueductos), fuente terrestre, geotérmica, termosolar, estanques solares, fuentes de calor biológicamente activas (por ejemplo, digestores anaeróbicos, digestores aeróbicos, pilas de compost, pilas de estiércol, corrientes de aguas residuales, lodos de aguas residuales secundarias), calor residual de procesos industriales y calor residual de otras tecnologías de generación (por ejemplo, CCGT, turbinas de vapor, etc.).

En las realizaciones que utilizan calor "ambiental" como fuente y se hunden para el primer evaporador 9 y el segundo condensador 12, no es necesario que sean la misma fuente ambiental, o que estén a la misma temperatura (es decir, utilizando la corriente del río para el disipador 15 de calor auxiliar podría dar como resultado una temperatura más baja en comparación con una fuente de aire que podría emplearse como fuente 10 de calor auxiliar).

En ciertas realizaciones, el primer y/o segundo expansores 6, 11 pueden seleccionarse entre: turbinas/turboexpansores radiales, axiales o de impulso (u otros), expansores de espiral, expansores de tornillo, turbinas Tesla y motores alternativos

En ciertas realizaciones, las bombas 26, 8, 46, 29, 39, 13, 49 descritas anteriormente pueden ser una bomba seleccionada entre: bombas centrífugas, bombas de paletas deslizantes, bombas de gerotor, bombas de geroller, bombas de engranajes, bombas de diafragma, bombas de pistón, bombas de émbolo, bombas peristálticas y bombas de lóbulos.

En ciertas realizaciones, (por ejemplo, si no se requiere la carga y descarga simultáneas del segundo depósito 3), las bombas 29 y 13 se pueden reemplazar con una sola bomba en la realización descrita anteriormente en relación con la Fig. 3, o las bombas 29 y 39 se puede reemplazar con una sola bomba en las realizaciones descritas anteriormente en relación con las Figuras 4, 5, 6 y 7.

En ciertas realizaciones (por ejemplo, si la carga independiente del primer y segundo depósito 2, 3 y los primeros y segundos modos de descarga independiente no se requieren) el primer y segundo expansores 6, 11 podrían acoplarse en un eje común a un solo generador.

En algunas realizaciones, las bombas que deben funcionar durante la operación del modo de descarga podrían acoplarse en un eje común con uno o ambos expansores 6, 11 para mejorar la eficiencia del sistema.

En realizaciones preferibles, los materiales de encapsulación para los PCM y cualquier fluido que entre en contacto con ellos se pueden seleccionar para que sean compatibles entre sí.

Para evitar que los fluidos de trabajo en fase líquida entren en el primer y/o segundo expansores 6, 11, los aparatos de acuerdo con ciertas realizaciones se pueden operar con el primer y segundo fluidos de trabajo que se introducen en sus respectivos expansores 6, 11 con un margen controlado de supercalentamiento.

Los niveles de fluido de trabajo en el primer y segundo circuitos termodinámicos pueden controlarse para proporcionar un subenfriamiento suficiente para evitar daños por cavitación a las bombas.

65

Los criterios para seleccionar PCM adecuados pueden incluir cualquiera o todos: su punto de fusión, compatibilidad química con cualquier material con el que puedan entrar en contacto, inercia química, estabilidad, coste y seguridad.

5 Los criterios para seleccionar el primer y el segundo fluidos de trabajo adecuados pueden incluir cualquiera o la totalidad de: las temperaturas de las fuentes de calor y los disipadores, las temperaturas de almacenamiento de los PCM, el coste, la seguridad, la estabilidad, la inercia, la compatibilidad química y sus características de entropía de temperatura como refrigerante.

10 En ciertas realizaciones, el aparato puede ser modular. Cualquiera o ambos del primer depósito 2 o el segundo depósito 3 pueden comprender dos o más tanques que se pueden agrupar para producir un sistema escalable.

15 En aplicaciones donde pueden estar disponibles fuentes de enfriamiento adicionales (por ejemplo, desechos de procesos industriales o criogénicos, gases en expansión) se pueden incluir intercambiadores de calor adicionales después del segundo condensador 12 en el segundo circuito 5 termodinámico, después del primer condensador 7 en realizaciones descritas anteriormente en relación con las Figuras 4, 5, 6, 7 y 8, y antes de la entrada en la bomba 8 en la realización descrita anteriormente en relación con la Fig. 3, para suprimir más la presión de condensación de los fluidos de trabajo respectivos o para agregar más subenfriamiento a los fluidos de trabajo antes de entrar en las bombas de fluido de trabajo.

20 Si una fuente de calor está disponible en una aplicación que está a una temperatura significativamente superior a la temperatura de almacenamiento térmico del segundo depósito 3, se podría utilizar un depósito o depósitos térmicos adicionales (es decir, uno o más depósitos o recipientes de depósito adicionales) para almacenar esta fuente de calor a una temperatura más alta utilizando un medio de almacenamiento con una temperatura de almacenamiento más alta. Esto podría utilizarse entonces de modo que un segundo recipiente de depósito inicial caliente el segundo fluido de trabajo líquido a una temperatura a la que todavía es líquido, luego se realiza la evaporación del segundo fluido de trabajo utilizando el calor almacenado en un segundo recipiente de depósito secundario. Alternativamente, esto podría utilizarse de modo que el segundo depósito inicial se use para evaporar el segundo fluido de trabajo y luego el segundo recipiente secundario se use para sobrecalentar el segundo fluido de trabajo antes de entrar en el segundo expansor. Esto también se puede utilizar como fuente de calor adicional para evaporar o sobrecalentar el primer fluido de trabajo.

30 Si las fuentes de enfriamiento están disponibles en una aplicación que se encuentra a una temperatura significativamente inferior a la temperatura de almacenamiento del primer depósito 2, se podría utilizar un almacén térmico adicional (es decir, uno o más depósitos o recipientes de depósito adicionales) para almacenar esto a una temperatura más baja utilizando un medio de almacenamiento con una temperatura de almacenamiento más baja. Esto se puede utilizar de manera tal que se use un primer recipiente de depósito inicial para enfriar el primer fluido de trabajo a una temperatura en la que permanezca gaseoso, y luego se utilice el primer recipiente de depósito secundario para condensar el primer fluido de trabajo a una presión de condensación más baja. Alternativamente, esto podría utilizarse de modo que el primer recipiente de depósito inicial condense el primer fluido de trabajo y el primer recipiente de depósito secundario lo enfríe antes de la entrada en las bombas. Esto también se puede utilizar como un disipador de calor adicional para condensar o subenfriar el segundo fluido de trabajo. En ciertas realizaciones, el enfriamiento de residuos puede usarse para enfriar adicionalmente (y, por lo tanto, "cargar") el primer depósito 2.

45 En realizaciones donde el primer y/o segundo medio de almacenamiento comprende un PCM sin encapsular, el PCM sin encapsular puede almacenarse como un sólido fragmentable (a diferencia de una suspensión, por ejemplo). Un sólido fragmentable es un sólido que puede fragmentarse de modo que pueda separarse.

50 De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, la bomba 1 de calor puede ser accionable eléctricamente. Sin embargo, en otras realizaciones, el aparato puede usarse para almacenar energía de otras formas, siempre que tales otras formas puedan utilizarse para energizar la bomba de calor (por ejemplo, sistemas accionados por gas, energía mecánica, etc.).

55 En ciertas realizaciones, para ayudar en tiempos de arranque más rápidos con generadores expansores de respuesta rápida, las líneas/tuberías al primer/segundo expansores pueden mantenerse presurizadas con primeros/segundos fluidos de trabajo gaseosos de modo tal que cuando los reguladores/válvulas 34 y 35 se abran, no se presenten retrasos en el transporte del gas que llega al primer/segundo expansor.

60 Cualquier combinación adecuada de las realizaciones descritas anteriormente se puede hacer dentro del alcance de la presente invención y se busca protección para tales combinaciones. Por ejemplo, las combinaciones y realizaciones específicas ("configuraciones") se enumeran en la tabla a continuación, donde el "lado frío" comprende características conectadas térmicamente al lado frío de la bomba 1 de calor, y el "lado caliente" comprende características conectadas térmicamente al lado de calor de la bomba 1 de calor. Las referencias a las Figuras especifican las características del lado frío/caliente representadas en la Fig. referenciada y/o las características descritas anteriormente con respecto a la Fig. referenciada.

	Lado Frío	Lado Caliente
Configuración 1	Figura 3	Figura 3

Configuración 2	Figura 3	Figura 4
Configuración 3	Figura 3	Figura 5
Configuración 4	Figura 3	Figura 6
Configuración 5	Figura 3	Figura 7
Configuración 6	Figura 4	Figura 3
Configuración 7	Figura 4	Figura 4
Configuración 8	Figura 4	Figura 5
Configuración 9	Figura 4	Figura 6
Configuración 10	Figura 4	Figura 7
Configuración 11	Figura 5	Figura 3
Configuración 12	Figura 5	Figura 4
Configuración 13	Figura 5	Figura 5
Configuración 14	Figura 5	Figura 6
Configuración 15	Figura 5	Figura 7
Configuración 16	Figura 6	Figura 3
Configuración 17	Figura 6	Figura 4
Configuración 18	Figura 6	Figura 5
Configuración 19	Figura 6	Figura 6
Configuración 20	Figura 6	Figura 7
Configuración 21	Figura 7	Figura 3
Configuración 22	Figura 7	Figura 4
Configuración 23	Figura 7	Figura 5
Configuración 24	Figura 7	Figura 6
Configuración 25	Figura 7	Figura 7

5 A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta especificación, las palabras “comprenden” y “contienen” y las variaciones de las mismas significan “incluido, pero no limitado a”, y no están destinadas a excluir (y no excluyen) otras fracciones, aditivos, componentes, enteros o etapas. A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta especificación, el singular abarca el plural a menos que el contexto requiera lo contrario. En particular, cuando se usa el artículo indefinido, la especificación debe entenderse como contemplar la pluralidad y la singularidad, a menos que el contexto requiera lo contrario.

10 Se debe entender que los rasgos, números enteros, características, compuestos, fracciones químicas o grupos descritos en conjunto con un aspecto particular, realización o ejemplo de la invención son aplicables a cualquier otro aspecto, realización o ejemplo descrito aquí a menos que sea incompatible con ellos. Todas las características divulgadas en esta especificación (incluidas las reivindicaciones, el resumen y los dibujos adjuntos), y/o todas las etapas de cualquier método o proceso así divulgado, se pueden combinar en cualquier combinación, excepto combinaciones donde al menos algunas de dichas características y/o etapas sean mutuamente excluyentes. La invención no está restringida a los detalles de alguna de las realizaciones anteriores. La invención se extiende a cualquier novedad, o cualquier combinación novedosa, de las características descritas en esta especificación (incluidas las reivindicaciones, resúmenes y dibujos adjuntos), o cualquier novedad, o cualquier combinación

15 Se dirige la atención del lector a todos los documentos y documentos que se presenten simultáneamente o con anterioridad a esta especificación en relación con esta solicitud y que estén abiertos a inspección pública con esta especificación.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100) de ciclo termodinámico que comprende:

- 5 (i) un primer depósito (2) que contiene un primer medio de almacenamiento;
- (ii) un segundo depósito (3) que contiene un segundo medio de almacenamiento;
- 10 (iii) una bomba (1) de calor que tiene un lado frío acoplado térmicamente al primer depósito (2) para enfriar el primer medio de almacenamiento y un lado caliente acoplado térmicamente al segundo depósito (3) para calentar el segundo medio de almacenamiento;
- (iv) un primer circuito (4) termodinámico de un primer fluido (23) de trabajo, el primer circuito termodinámico comprende:
- 15 un primer evaporador (9) para evaporar el primer fluido (23) de trabajo para crear un primer vapor presurizado;
- un primer expansor (6) dispuesto para expandir el primer vapor presurizado; y
- 20 un primer condensador (7) dispuesto para condensar el primer fluido (23) de trabajo recibido del primer expansor (6) y proporcionar el primer fluido de trabajo al primer evaporador (9), estando el primer condensador (7) acoplado térmicamente al primer depósito (2)
- (v) un segundo circuito (5) termodinámico de un segundo fluido (24) de trabajo, el segundo circuito (5) termodinámico comprende:
- 25 un segundo evaporador (14) para evaporar el segundo fluido (24) de trabajo para crear un segundo vapor presurizado, el segundo evaporador (14) está acoplado térmicamente al segundo depósito (3);
- 30 un segundo expansor (11) dispuesto para expandir el segundo vapor presurizado; y
- un segundo condensador (12) dispuesto para condensar el segundo fluido de trabajo recibido del segundo expansor (11) y proporcionar el segundo fluido de trabajo al segundo evaporador (14);
- 35 (vi) una entrada de calor auxiliar significa conectado térmicamente al primer circuito (4) termodinámico de modo que el calor auxiliar pueda contribuir a la creación del primer vapor presurizado; y
- (vii) unos medios de salida de calor auxiliares conectado térmicamente al segundo circuito (5) termodinámico para que el segundo fluido de trabajo pueda perder calor a un disipador (15) de calor auxiliar;
- 40 en el que el primer circuito (4) termodinámico es térmicamente independiente del segundo circuito (5) termodinámico, y el aparato es operable en un modo de carga, un modo de almacenamiento y un modo de descarga;
- 45 en el que en el modo de carga la bomba (1) de calor se energiza para enfriar el primer medio de almacenamiento y calentar el segundo medio de almacenamiento;
- 50 en el modo de almacenamiento, el primer medio de almacenamiento enfriado se almacena en el primer depósito (2) y el segundo medio de almacenamiento calentado se almacena en el segundo depósito (3); y
- 55 en el modo de descarga, el primer vapor presurizado es expandido por el primer expansor (6) y/o el segundo vapor presurizado es expandido por el segundo expansor (11).
2. El aparato de la reivindicación 1, en el que uno o ambos del primer expansor (6) y el segundo expansor (11) comprenden uno de una turbina, expansor de espiral, expansor de tornillo, turbina Tesla o un motor alternativo; y/o en el que uno o ambos del primer expansor (6) y el segundo expansor (11) comprenden un generador expansor para generar electricidad.

3. El aparato (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que uno o ambos de los circuitos primero y segundo (4, 5) termodinámicos incluye una bomba (8, 13) para hacer circular el primer o segundo fluidos (23, 24) de trabajo.

4. El aparato (100) de cualquier reivindicación precedente, que comprende además una fuente (10) de calor auxiliar para proporcionar el calor auxiliar al primer circuito (4) termodinámico a través de los medios de entrada de calor auxiliar, en el que la fuente (10) de calor auxiliar puede comprender uno o más de: una fuente de aire ambiente externa, una fuente de aire desde el interior de un edificio, calor rechazado por un sistema de aire acondicionado o refrigeración, una fuente de agua ambiental, una fuente subterránea, una fuente geotérmica, una fuente termosolar, un estanque

solar, una fuente de calor biológicamente activa, calor residual de un proceso industrial y calor residual de la tecnología de generación.

5 5. El aparato (100) de cualquier reivindicación precedente, que comprende además un disipador (15) de calor auxiliar para recibir calor del segundo circuito (5) termodinámico a través de los medios de salida de calor auxiliar, en el que el disipador (15) de calor auxiliar puede comprender uno o más de: una fuente de aire ambiental externa, una fuente de aire desde el interior de un edificio, una fuente de agua ambiental, una fuente subterránea y fuentes de enfriamiento de desechos; y/o en el que el segundo circuito (5) termodinámico comprende un medio adicional de entrada de calor auxiliar para que el calor auxiliar adicional pueda contribuir a la creación del segundo vapor presurizado.

10 6. El aparato (100) de cualquier reivindicación precedente: que comprende además un primer sobrecalentador (16) entre el primer evaporador (9) y el primer expansor (6), estando dispuesto el primer sobrecalentador (16) para sobrecalentar el primer fluido (23) de trabajo; y/o

15 que comprende además un segundo sobrecalentador (18) entre el segundo evaporador (14) y el segundo expansor (11), estando dispuesto el segundo sobrecalentador (18) para sobrecalentar el segundo fluido (24) de trabajo; y/o

20 que comprende además un precalentador (17) entre el segundo condensador (12) y el segundo evaporador (14), el precalentador (17) está configurado para calentar el segundo fluido (24) de trabajo.

25 7. El aparato (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que uno o ambos del primer medio de almacenamiento y el segundo medio de almacenamiento comprenden un material de cambio de fase encapsulado o un material de cambio de fase no encapsulado; y/o en el que el lado frío de la bomba (1) de calor está acoplado térmicamente al primer depósito (2) por un primer circuito de transferencia de calor de un primer fluido (25) de transferencia de calor, y opcionalmente en el que el primer medio de almacenamiento comprende un material no encapsulado de cambio de fase, y el primer fluido (25) de transferencia de calor no es miscible en el primer medio de almacenamiento.

30 8. El aparato (100) de cualquier reivindicación precedente, en el que: el lado caliente de la bomba (1) de calor está acoplado térmicamente al segundo depósito (3) por un segundo circuito de transferencia de calor de un segundo fluido (28) de transferencia de calor; y/o

35 el primer depósito (2) está acoplado térmicamente al primer condensador (7) del primer circuito (4) termodinámico por un tercer circuito de transferencia de calor de un tercer fluido de transferencia de calor; y/o

el segundo depósito (3) está acoplado térmicamente al segundo evaporador (14) del segundo circuito (5) termodinámico por un cuarto circuito de transferencia de calor de un cuarto fluido de transferencia de calor.

40 9. El aparato (100) de cualquier reivindicación precedente, en el que la bomba (1) de calor comprende un circuito de refrigeración de un refrigerante, en el que el circuito de refrigeración puede incluir un compresor (19) de refrigeración, un evaporador (20) de refrigeración, un condensador (21) de refrigeración o enfriador de gas, y un medio (22) de expansión de refrigeración para expandir el refrigerante, en el que el lado frío de la bomba (1) de calor comprende el evaporador (20) de refrigeración y el lado caliente de la bomba (1) de calor comprende el condensador (21) de refrigeración o el refrigerador de gas.

45 10. El aparato (100) de cualquier reivindicación precedente, en el que el primer medio de almacenamiento y/o el segundo medio de almacenamiento comprende un líquido que no cambia de fase durante el funcionamiento (100) del aparato en ninguno de los modos de carga, el modo de almacenamiento, y el modo de descarga.

50 11. El aparato (100) de cualquier reivindicación precedente, que comprende además uno o más intercambiadores de calor dispuestos en el primer depósito y/o el segundo depósito; y/o en el que uno o ambos del primer y segundo circuito (4, 5) termodinámico comprende un ciclo de Rankine, un ciclo de Lorenz o un ciclo de Kalina.

55 12. Un método para operar un aparato (100) de ciclo termodinámico que comprende:

(a) proporcionar un aparato (100) de ciclo termodinámico que comprende:

(i) un primer depósito (2) que contiene un primer medio de almacenamiento;

60 (ii) un segundo depósito (3) que contiene un segundo medio de almacenamiento;

(iii) una bomba (1) de calor que tiene un lado frío acoplado térmicamente al primer depósito (2) para enfriar el primer medio de almacenamiento y un lado caliente acoplado térmicamente al segundo depósito (3) para calentar el segundo medio de almacenamiento;

65

(iv) un primer circuito (4) termodinámico de un primer fluido (23) de trabajo, el primer circuito (4) termodinámico comprende:

un primer evaporador (9) para evaporar el primer fluido (23) de trabajo para crear un primer vapor presurizado;

un primer expansor (6) dispuesto para expandir el primer vapor presurizado; y

un primer condensador (7) dispuesto para condensar el primer fluido (23) de trabajo recibido del primer expansor (6) y proporcionar el primer fluido (23) de trabajo al primer evaporador (9), estando el primer condensador (7) acoplado térmicamente a el primer depósito (2); y

(v) un segundo circuito (5) termodinámico de un segundo fluido (24) de trabajo, el segundo circuito (5) termodinámico comprende:

un segundo evaporador (14) para evaporar el segundo fluido (24) de trabajo para crear un segundo vapor presurizado, el segundo evaporador (14) está acoplado térmicamente al segundo depósito (3);

un segundo expansor (11) dispuesto para expandir el segundo vapor presurizado; y

un segundo condensador (12) dispuesto para condensar el segundo fluido de trabajo recibido del segundo expansor (11) y proporcionar el segundo fluido (24) de trabajo al segundo evaporador (14);

(vi) una entrada de calor auxiliar significa conectado térmicamente al primer circuito (4) termodinámico de modo que el calor auxiliar pueda contribuir a la creación del primer vapor presurizado; y

(vii) unos medios de salida de calor auxiliares conectado térmicamente al segundo circuito (5) termodinámico para que el segundo fluido de trabajo pueda perder calor a un disipador (15) de calor auxiliar;

en el que el primer circuito (4) termodinámico es térmicamente independiente del segundo circuito (5) termodinámico;

(b) operar el aparato (100) en un modo de carga energizando la bomba de calor para enfriar el primer medio de almacenamiento y calentar el segundo medio de almacenamiento;

(c) operar el aparato (100) en un modo de almacenamiento almacenando el primer medio de almacenamiento enfriado en el primer depósito (2) y almacenando el segundo medio de almacenamiento calentado en el segundo depósito (3);

(d) operar el aparato (100) en un primer modo de descarga utilizando una fuente de calor auxiliar para crear el primer vapor presurizado en el primer evaporador (9), expandir el primer vapor presurizado con el primer expansor (6) y condensar el primer fluido de trabajo en el primer condensador (7); y

(e) operar el aparato (100) en un segundo modo de descarga utilizando calor del segundo depósito (3) para crear el segundo vapor presurizado en el segundo evaporador (14), expandiendo el segundo vapor presurizado y utilizando un disipador (15) de calor auxiliar para condensar el segundo fluido (24) de trabajo en el segundo condensador (12); en donde las etapas (d) y (e) son ejecutables tanto concurrentemente como independientemente uno del otro.

13. El método de la reivindicación 12, en el que uno o ambos del primer medio de almacenamiento y el segundo medio de almacenamiento comprenden un material de cambio de fase encapsulado o un material de cambio de fase no encapsulado; opcionalmente en el que el primer medio de almacenamiento comprende un material sin encapsular y el método comprende almacenar el primer medio de almacenamiento como una suspensión o un sólido fragmentable al final del funcionamiento del modo de carga, y/o en el que el segundo medio de almacenamiento comprende un material sin encapsular y el método comprende almacenar el segundo medio de almacenamiento como una suspensión o un sólido fragmentable al final de la operación del segundo modo de descarga.

14. El método de las reivindicaciones 12 o 13, en el que: el primer circuito (4) termodinámico comprende un intercambiador de calor de un solo paso, y el método comprende, al operar el aparato (100) en el primer modo de descarga, descargar el primer medio de almacenamiento a través del intercambiador de calor de un solo paso y permitiendo que el primer medio de almacenamiento se estratifique a partir de entonces; y/o

en el que el segundo circuito (5) termodinámico comprende un intercambiador de calor de un solo paso, y el método comprende, cuando se opera el aparato (100) en el segundo modo de descarga, descargar el segundo medio de almacenamiento a través del intercambiador de calor de un solo paso y permitiendo que el segundo medio de almacenamiento se estratifique a partir de allí.

15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que el aparato (100) comprende medios de almacenamiento de energía adicionales dispuestos para emitir energía independientemente de la energía emitida por el primer expansor (6) y el segundo expansor (11), en el que opcionalmente los medios de almacenamiento de energía

adicional incluyen un condensador, batería, volante u otros medios de almacenamiento de energía eléctrica o mecánica no térmica; y/o el método comprende opcionalmente utilizar los medios de almacenamiento de energía adicionales para proporcionar una salida de energía eléctrica hasta que la energía emitida por el primer y/o segundo modo de descarga alcance una cantidad predeterminada.

5 16. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, que comprende impulsar el primer expansor (6) y/o el segundo expansor (11) antes de la introducción del primer/segundo fluido (23, 24) de trabajo en el mismo.

10 17. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, en el que el aparato (100) comprende la primera tubería conectada a una entrada del primer expansor (6), y el método comprende presurizar la primera tubería con el primer fluido (23) de trabajo gaseoso antes de la operación del primer modo de descarga; y/o en el que el aparato (100) comprende una segunda tubería conectada a una entrada del segundo expansor (11), y el método comprende presurizar la segunda tubería con un segundo fluido (24) de trabajo gaseoso antes de la operación del segundo modo de descarga.

15

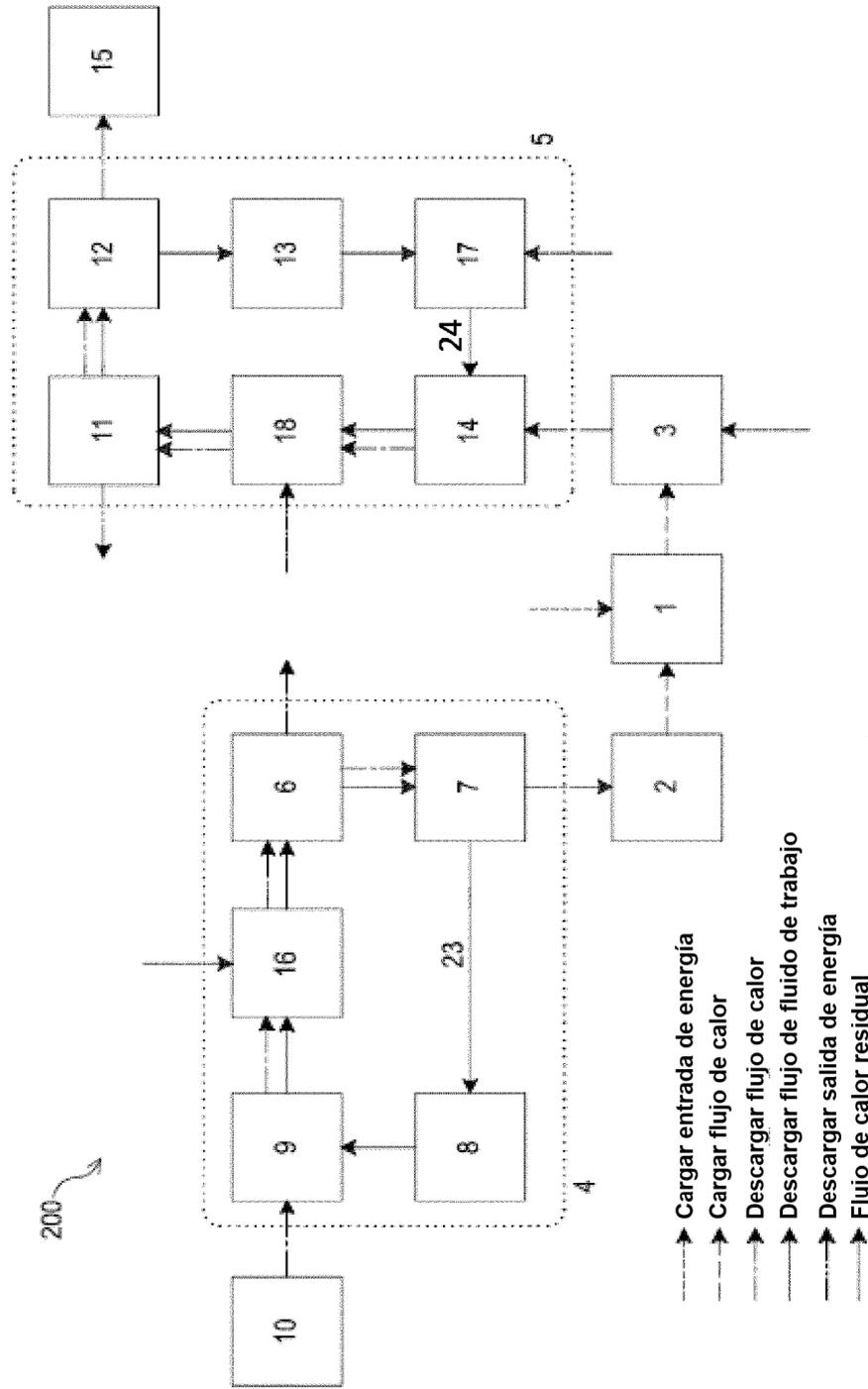


FIGURA 2

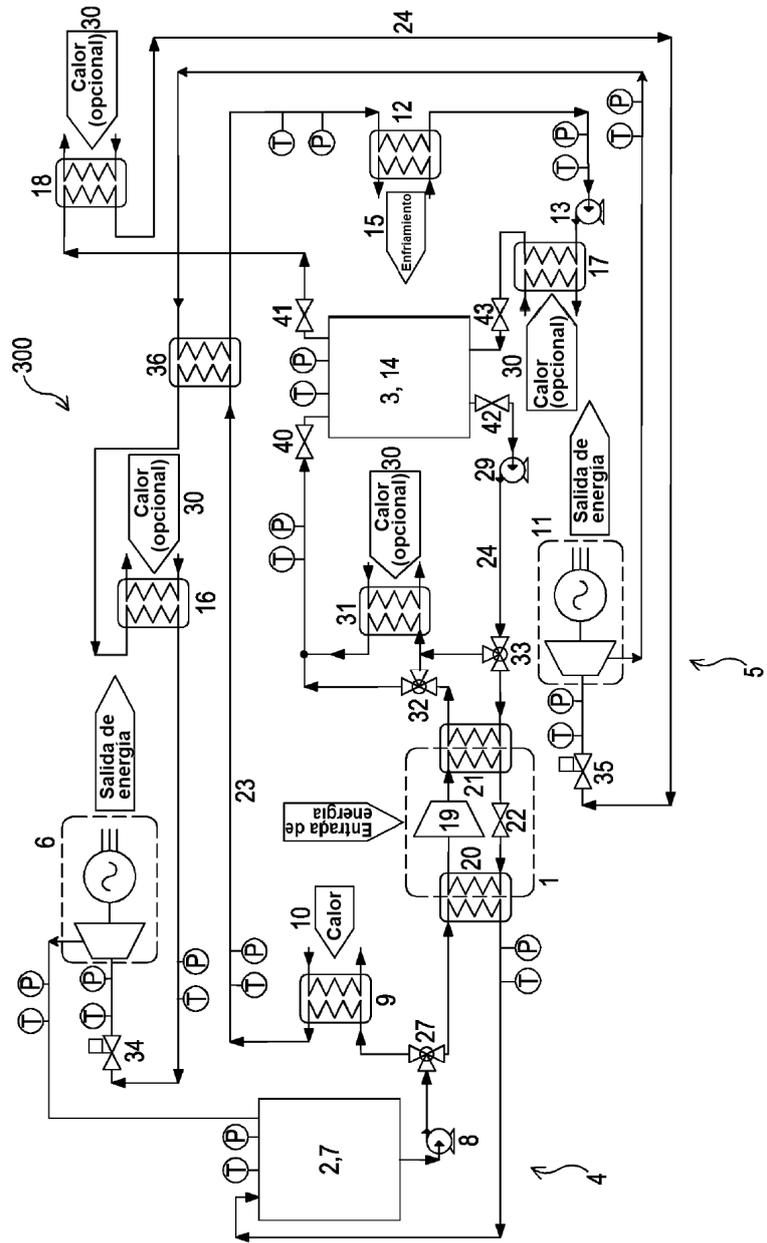


FIGURA 3

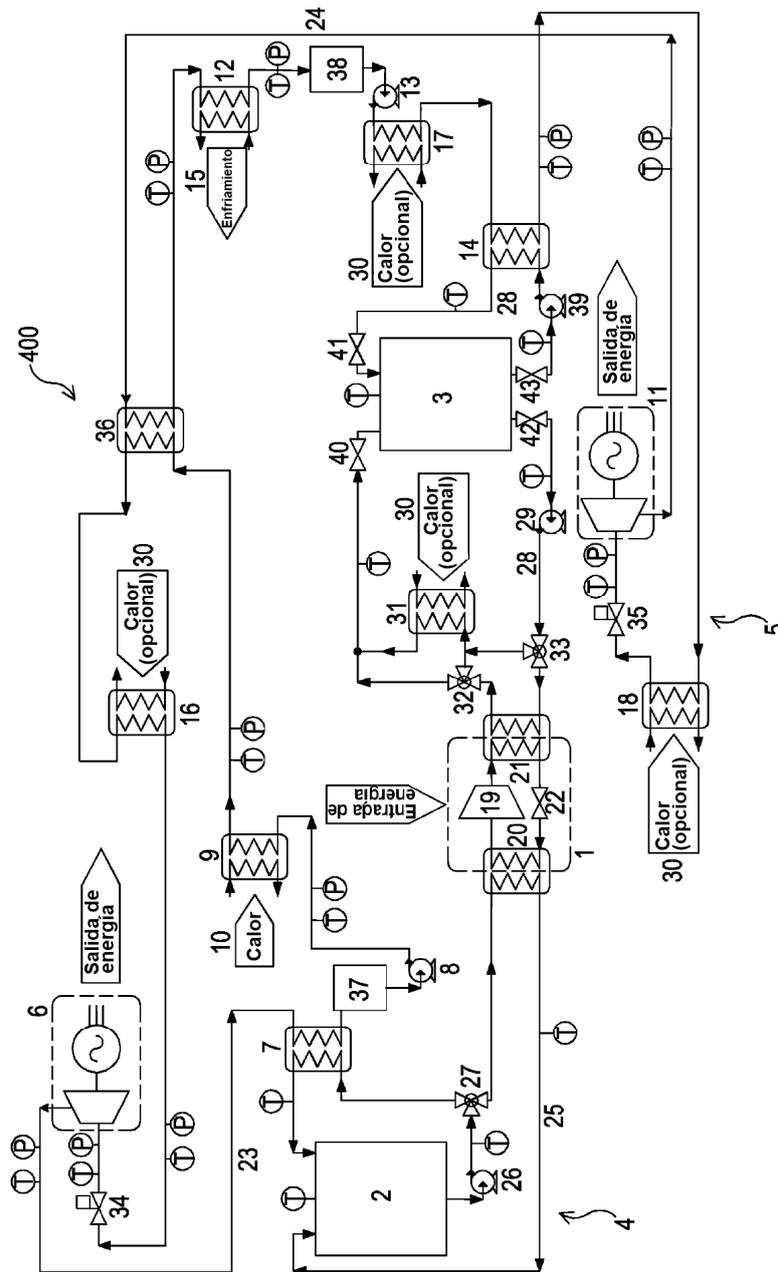


FIGURA 4

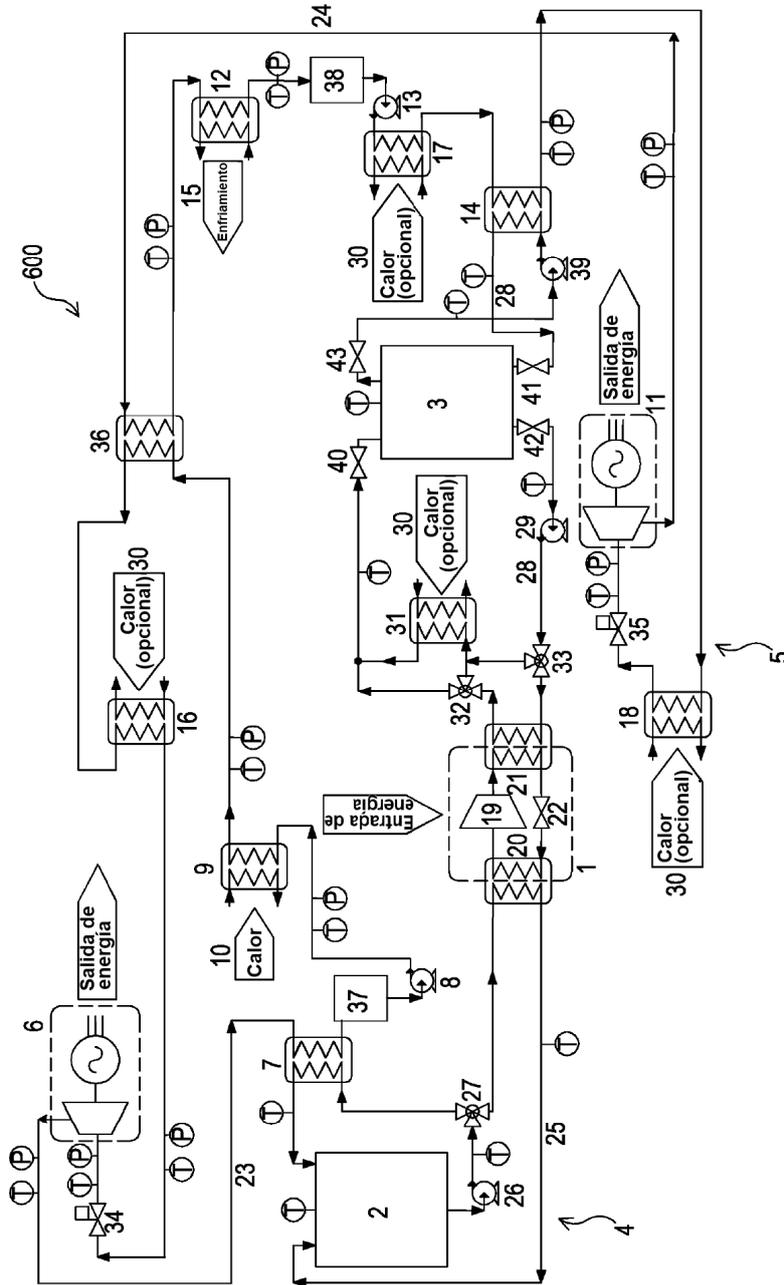


FIGURA 6

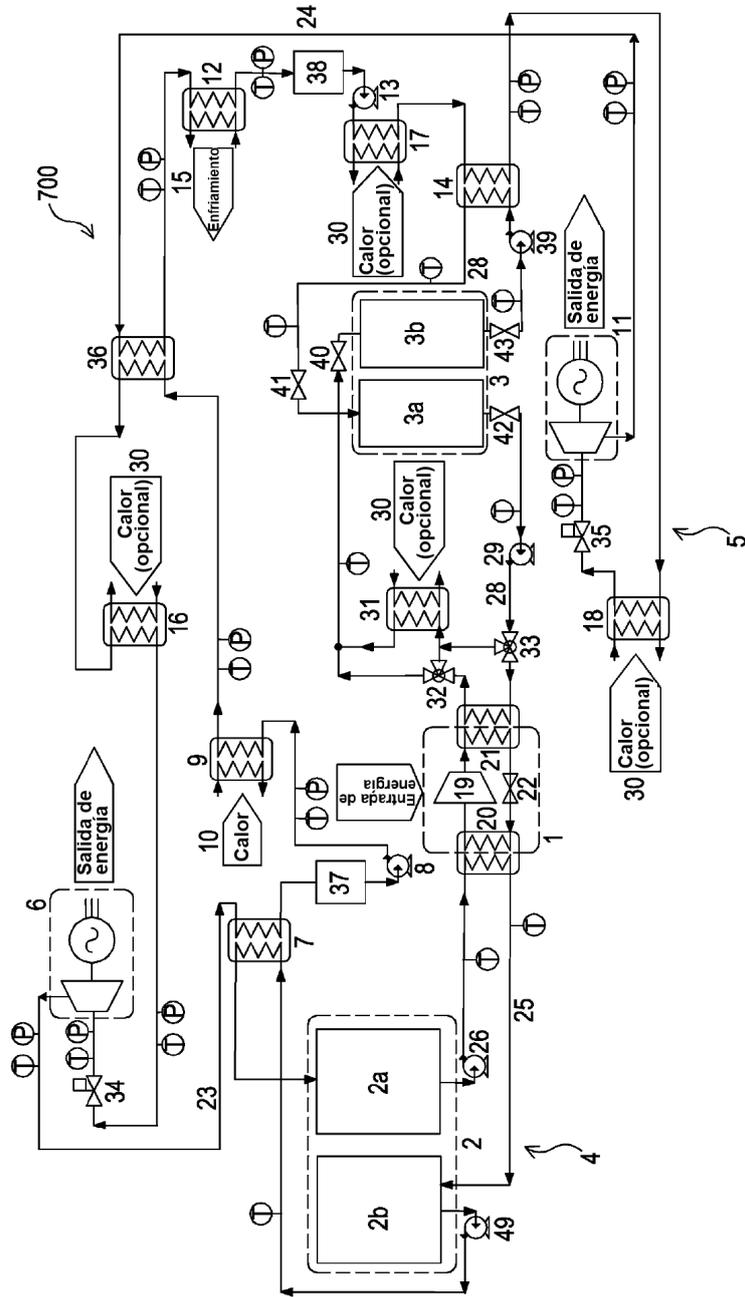


FIGURA 7

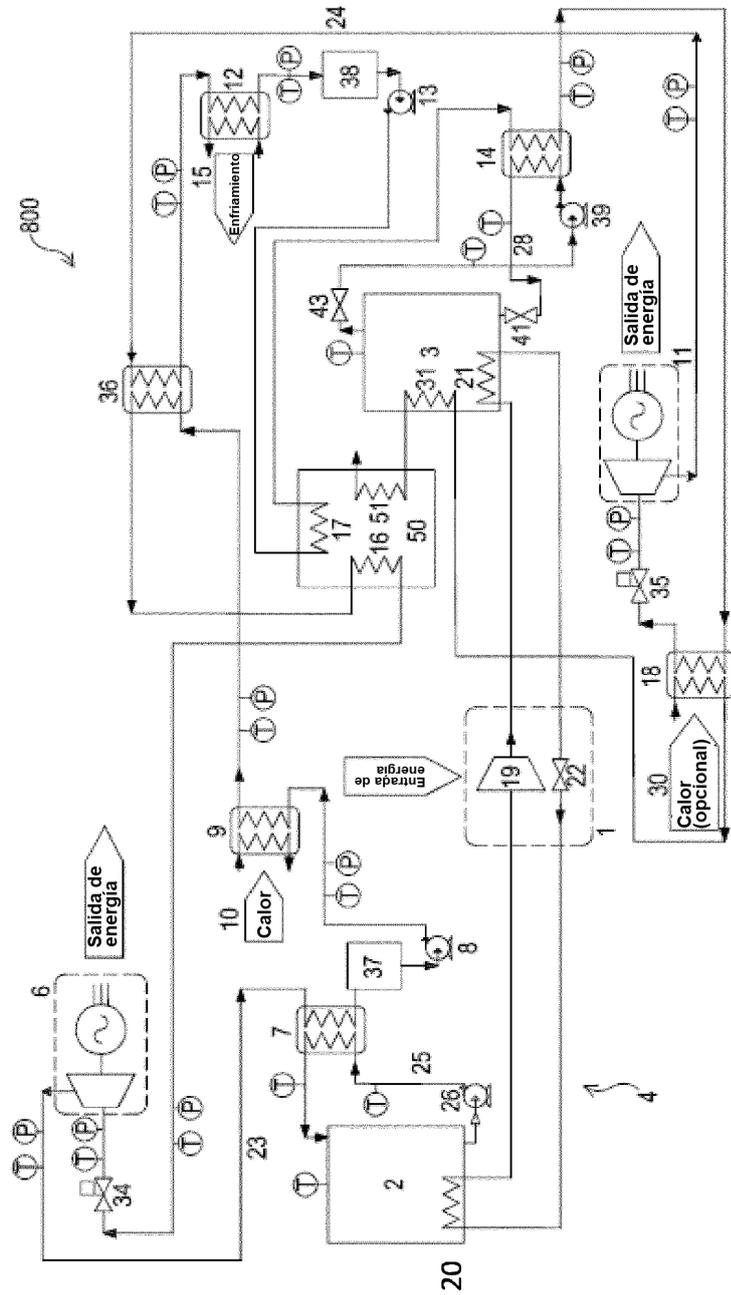


FIGURA 8

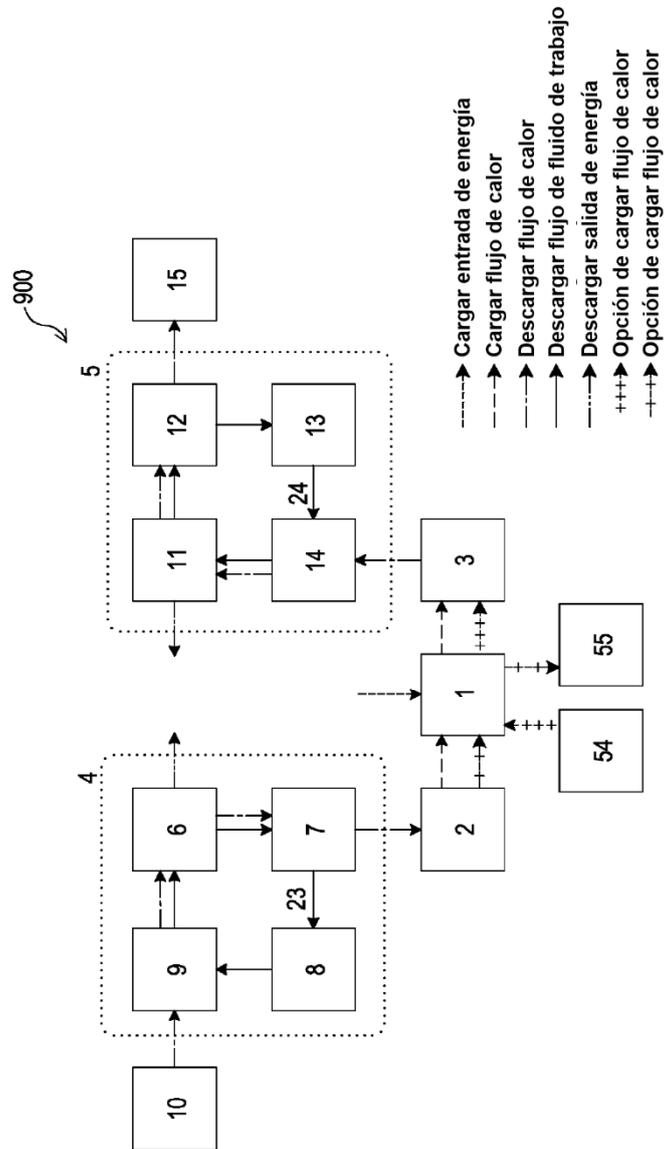


FIGURA 9

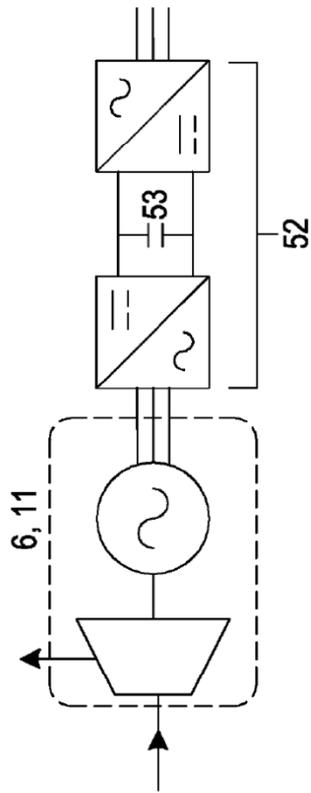


FIGURA 10