

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 759**

51 Int. Cl.:

F24H 15/212 (2012.01)

F24H 15/375 (2012.01)

F28D 20/02 (2006.01)

F28F 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.02.2022 PCT/IB2022/051053**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2022 WO22168025**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2022 E 22709019 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2025 EP 4288724**

54 Título: **Disposiciones e instalaciones de almacenamiento de energía**

30 Prioridad:

07.02.2021 GB 202101678

02.07.2021 GB 202109593

02.07.2021 GB 202109594

02.07.2021 GB 202109596

02.07.2021 GB 202109597

02.07.2021 GB 202109598

02.07.2021 GB 202109599

02.07.2021 GB 202109600

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.05.2025

73 Titular/es:

**OCTOPUS ENERGY HEATING LIMITED (100.00%)
UK House 164-182 Oxford Street
London, W1D 1NN, GB**

72 Inventor/es:

KONOWALCZYK, PETER

74 Agente/Representante:

DÍAZ DE BUSTAMANTE TERMINEL, Isidro

ES 3 015 759 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).

ES 3 015 759 T3

DESCRIPCIÓN

Disposiciones e instalaciones de almacenamiento de energía

5

Campo técnico

La presente divulgación se refiere, entre otros, a sistemas e instalaciones de almacenamiento de energía.

10 Estado de la técnica

Según la Directiva 2012/27/UE, los edificios representan el 40 % del consumo final de energía y el 36 % de las emisiones de CO₂. El informe de la Comisión Europea de 2016 "Mapping and analyses of the current and future (2020 - 2030) heating/cooling fuel deployment (fossil/renewables) (Mapeo y análisis del uso actual y futuro (2020 - 2030) de combustibles para calefacción/refrigeración (fósiles/renovables))" concluyó que en los hogares de la UE, la calefacción y el agua caliente por sí solos representan el 79 % del uso total de energía final (192,5 Mtep). La Comisión Europea también informa que, "según cifras de 2019 de Eurostat, aproximadamente el 75 % de la calefacción y la refrigeración todavía se genera a partir de combustibles fósiles, mientras que solo el 22 % se genera a partir de energías renovables. Para cumplir los objetivos climáticos y energéticos de la UE, el sector de la calefacción y la refrigeración debe reducir drásticamente su consumo de energía y disminuir el uso de combustibles fósiles. Se han identificado las bombas de calor (con energía extraída del aire, del suelo o del agua) como posibles contribuyentes importantes para abordar este problema.

En muchos países existen políticas y presiones para reducir la huella de carbono. Por ejemplo, en el Reino Unido, en 2020, el Gobierno británico publicó un libro blanco sobre un Estándar para Viviendas del Futuro, con propuestas para reducir las emisiones de carbono de las viviendas nuevas entre un 75 y un 80 % en comparación con los niveles existentes para 2025. Además, a principios de 2019 se anunció que a partir de 2025 se prohibiría la instalación de calderas de gas en viviendas nuevas. Se informa que en el Reino Unido, en el momento de la presentación de la solicitud, el 78 % de la energía total utilizada para la calefacción de edificios proviene del gas, mientras que el 12 % proviene de la electricidad.

En el Reino Unido hay una gran cantidad de propiedades pequeñas, de 2 a 3 habitaciones o menos, con calefacción central a gas, y la mayoría de estas propiedades utilizan lo que se conoce como calderas combinadas, en las que la caldera actúa como calentador de agua instantáneo y como caldera para calefacción central. Las calderas combinadas son populares porque combinan un factor de forma pequeño, proporcionan una fuente más o menos inmediata de agua caliente "ilimitada" (con una salida de 20 a 35 kW) y no requieren almacenamiento de agua caliente. Estas calderas pueden adquirirse a fabricantes reconocidos a un precio relativamente económico. El pequeño factor de forma y la posibilidad de prescindir de un acumulador de agua caliente significan que generalmente es posible colocar una caldera de este tipo incluso en un apartamento o casa pequeña, a menudo montada en la pared de la cocina, e instalar una nueva caldera con el trabajo de una sola persona. Por lo tanto, es posible instalar una nueva caldera de gas combinada a bajo coste. Con la inminente prohibición de nuevas calderas de gas, será necesario proporcionar fuentes de calor alternativas en lugar de las calderas combinadas de gas. Además, las calderas combinadas instaladas anteriormente eventualmente deberán reemplazarse por alguna alternativa.

Aunque las bombas de calor se han propuesto como una posible solución a la necesidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles y recortar las emisiones de CO₂, actualmente no son adecuadas para el problema de reemplazar calderas de gas en instalaciones domésticas (y comerciales pequeñas) más pequeñas o por una serie de razones técnicas, comerciales y prácticas. Por lo general, son muy grandes y necesitan una unidad sustancial en el exterior de la propiedad. Por lo tanto, no es fácil instalarlos en una propiedad con una caldera combinada típica. Una unidad capaz de proporcionar una potencia equivalente a la de una caldera de gas típica sería actualmente costosa y podría requerir una demanda eléctrica significativa. No sólo las unidades en sí cuestan múltiplos de sus equivalentes a gas, sino que además su tamaño y complejidad implican que su instalación es técnicamente compleja y, por lo tanto, costosa. Un problema técnico adicional es que las bombas de calor tienden a requerir un tiempo significativo para comenzar a producir calor en respuesta a la demanda, quizás 30 segundos para la autocomprobación y después algún tiempo para calentarse, es decir, una demora de 1 minuto o más entre la solicitud de agua caliente y su entrega. Por este motivo, las soluciones renovables que se intentan utilizando bombas de calor y/o energía solar suelen ser aplicables a propiedades grandes con espacio para un tanque de almacenamiento de agua caliente (con demandas de espacio, pérdida de calor y riesgo de lesión).

Por lo tanto, existe la necesidad de proporcionar una solución al problema de encontrar una tecnología adecuada para reemplazar las calderas combinadas de gas, en particular para viviendas domésticas más pequeñas. De manera más general, se buscan nuevos desarrollos para ampliar la aplicabilidad de las bombas de calor. Algunos aspectos de la presente divulgación proporcionan soluciones respecto de estas necesidades largamente sentidas.

Otras preocupaciones surgen también de la necesidad de reducir la cantidad de dióxido de carbono que se libera a la atmósfera y, de manera más general, de reducir la cantidad de energía desperdiciada en los hogares.

La Patente CN107741070 desvela un calentador de agua con bomba de calor de fuente de aire y una máquina integrada de almacenamiento de calor de alta densidad. La máquina integrada de almacenamiento de calor de alta densidad con calentador de agua con bomba de calor de fuente de aire comprende un ventilador exterior y un

evaporador, un compresor, un dispositivo integrado de condensador/depósito de calor y un dispositivo de estrangulamiento que están conectados secuencialmente a través de una tubería de refrigerante y forman un circuito de circulación, en donde el dispositivo integrado de condensador/depósito de calor tiene las funciones dobles de un condensador de refrigerante y un depósito de calor de alta densidad. La Patente JP H11 44495 desvela un dispositivo de almacenamiento de calor constituido por un tanque de reserva, en el que se aloja una fuente de calor, y un material de almacenamiento de calor, introducido en el tanque de reserva. Como material de almacenamiento de calor se utiliza un alcohol de azúcar, cuyo componente principal es eritritol, manitol o similar. Como fuente de calor se utiliza un calentador eléctrico, por ejemplo de tipo tubular o similar, y de acuerdo con el volumen interno del tanque de reserva se utiliza un calentador eléctrico de una potencia de entre 0,5 y 20 kW, por ejemplo. El material de almacenamiento de calor se llena en el tanque de reserva al 100 % con respecto al volumen interno del tanque de reserva para evitar la oxidación del material de almacenamiento de calor. La Patente CN111189348 desvela una caja de almacenamiento de energía de cambio de fase. La caja de almacenamiento de energía de cambio de fase comprende un cuerpo de caja y un material de cambio de fase que llena el cuerpo de la caja, un componente elástico comprimible y un conjunto de intercambio de calor están dispuestos en el cuerpo de la caja, y el componente elástico se utiliza para ocupar el volumen del cuerpo de la caja como la cantidad de expansión de volumen, generada por el cambio de fase, del material de cambio de fase. La Patente DE 60 2005 001584 desvela un dispositivo de almacenamiento de energía según el preámbulo de la reivindicación 1 y describe un dispositivo que tiene una carcasa que contiene un material de cambio de fase. Dos conductos de distribución colocados en el recinto permiten la circulación separada de los fluidos. Una unidad de intercambio térmico permite simultáneamente la transferencia directa de energía entre los fluidos y la transferencia indirecta restaurando la energía transmitida por uno de los fluidos y almacenada por el material. La Patente JP S53 11343 desvela un tanque acumulador de calor que puede evitar el cambio de composición de un compuesto inorgánico que tiene agua de cristalización como miembro acumulador de calor y utilizar de manera efectiva el calor latente del miembro acumulador de calor con la ayuda del compuesto, mediante el uso de placas de metal como un intercambiador de calor en un tanque que están laminadas horizontalmente, con sus partes finales adheridas a la cara de la pared interior del tanque acumulador de calor.

Sumario

La invención se define en la reivindicación independiente, definiéndose las características opcionales en las reivindicaciones dependientes.

En un primer aspecto se proporciona un dispositivo de almacenamiento de energía que incluye un intercambiador de calor que comprende un recinto, y dentro del recinto: un circuito del lado de entrada para la conexión a una fuente de energía; un circuito del lado de salida para la conexión a un sumidero de energía; y un medio de almacenamiento térmico para el almacenamiento de energía; en donde los circuitos del lado de entrada y del lado de salida dentro del recinto están definidos por cuerpos tubulares, protuberancias alargadas que se extienden dentro del medio de almacenamiento térmico desde cada uno de los cuerpos tubulares, teniendo las protuberancias alargadas mayor conductividad térmica que el medio de almacenamiento térmico; en donde las protuberancias alargadas forman juntas una o más mallas.

Dicho dispositivo de almacenamiento de energía ayuda a acelerar la transferencia de energía entre el circuito del lado de entrada y el medio de almacenamiento térmico, y entre el medio de almacenamiento térmico y el circuito del lado de salida, y a través del medio de almacenamiento térmico, reduciendo el retraso entre la llegada de calor en la entrada del intercambiador de calor y su salida al sumidero de energía. Esto es de particular importancia en la aplicación de la unidad de almacenamiento de energía a la aplicación de la unidad de interfaz que se describe extensamente en esta solicitud.

El uso de protuberancias alargadas que forman juntas una o más mallas puede facilitar el ensamblaje y reducir el riesgo de que las protuberancias se deformen durante el ensamblaje. También puede ayudar a mejorar la tasa de transferencia de energía.

Las protuberancias alargadas pueden tener formas de cuchillas. Esta disposición facilita un aumento del área superficial de protuberancias individuales, mejorando la transferencia de calor y también posiblemente haciendo que las protuberancias sean más resistentes a ser deformadas durante el ensamblaje del intercambiador de calor.

Las protuberancias alargadas pueden tener forma filamentosas, opcionalmente en forma de alambres. Es menos probable que el uso de protuberancias en forma de cables impida la circulación inducida térmicamente del material de cambio de fase dentro del intercambiador de calor.

Las protuberancias alargadas pueden comprender cobre o una aleación de cobre. Esto proporciona una excelente conductividad térmica, facilidad de fabricación y compatibilidad con el cobre, el material preferido para formar los serpentines del intercambiador de calor. Como la mayoría de los sistemas de agua caliente doméstica, al menos en el Reino Unido, continúan fabricándose utilizando tuberías de cobre, fabricándose al menos el serpentín del lado de salida del intercambiador de calor (pero preferiblemente ambos serpentines) con cobre garantiza la compatibilidad electroquímica con las tuberías existentes del sistema de agua caliente.

Cada protuberancia alargada puede soldarse al cuerpo tubular desde el que se extiende. Esto ayuda a reducir la resistencia térmica entre los serpentines del intercambiador de calor y las protuberancias que disipan calor y, por lo tanto, ayuda a reducir la resistencia térmica en el intercambiador de calor.

ES 3 015 759 T3

Las protuberancias alargadas pueden comprender, como alternativa, fibra de carbono. La fibra de carbono puede proporcionar una excelente conductividad térmica y la capacidad de formar formas simples o complejas mediante el moldeo de estructuras de material compuesto reforzadas con fibra de carbono.

5 El medio de almacenamiento térmico en el dispositivo de almacenamiento de energía puede comprender un material de cambio de fase (PCM), que puede comprender una o más ceras de parafina. Por ejemplo, cualquiera de las numerosas ceras de parafina enumeradas más adelante en la memoria descriptiva. Las ceras de parafina ofrecen una buena capacidad de calor latente, son de baja reactividad química, con buena estabilidad y baja toxicidad.

10 El material de cambio de fase en el dispositivo de almacenamiento de energía puede comprender un hidrato de sal, tal como el material de cambio de fase comprende $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ o $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

15 El recinto del dispositivo de almacenamiento de energía puede ser un cuboide generalmente rectangular definido por un primer lado que tiene una longitud entre 300 mm y 600 mm, un segundo lado que tiene una longitud entre 300 mm y 600 mm, y un tercer lado que tiene una longitud entre 150 mm y 350 mm. Al fabricar el recinto en este rango de tamaño, debería ser posible crear un dispositivo que sea un reemplazo físico directo para una caldera de gas combinada instalada previamente, además de proporcionar una unidad adecuada para su instalación en lugar de calderas de gas combinadas en instalaciones nuevas. Sin embargo, pueden utilizarse unidades más grandes y, en particular, más altas en situaciones en las que pueda acomodarse fácilmente una unidad de este tipo.

20 El recinto del dispositivo de almacenamiento de energía puede estar contenido dentro de una camisa térmicamente aislante. Aunque es probable que el material de almacenamiento de energía dentro del banco de energía solo se mantenga a una temperatura entre 40 y 60 grados Celsius, la eficiencia energética general mejorará si se proporciona una cubierta o recinto exterior con aislamiento térmico adecuado.

25 El dispositivo de almacenamiento de energía puede comprender además un calentador eléctrico dentro del recinto. Esto proporciona la capacidad de "cargar" el medio de almacenamiento térmico incluso cuando la bomba de calor no está disponible, además de permitir el uso de electricidad "barata", aprovechando por ejemplo tarifas de suministro bajas (o negativas) temporales o quizás generada a partir de una instalación de generación fotovoltaica o eólica doméstica.

30 Una porción del recinto del dispositivo de almacenamiento de energía puede estar provista de una formación de concertina para acomodar de forma reversible la expansión y la contracción del material de cambio de fase a medida que el material de cambio de fase pasa de una forma sólida a una forma líquida y viceversa. Esta disposición permite que el recinto se adapte repetidamente a la expansión y la contracción provocadas por el cambio de fase del PCM mientras reduce el riesgo de fallo mecánico del recinto. Un transductor de desplazamiento puede acoplarse al recinto, estando configurado el transductor de desplazamiento para proporcionar una medición relacionada con la extensión o la contracción de la formación de concertina. Dicha disposición proporciona un medio mediante el cual puede proporcionarse a un procesador o controlador de la instalación información sobre el estado actual del PCM, es decir, los datos del transductor de desplazamiento pueden proporcionar una medida de la cantidad de energía almacenada en el PCM como calor latente.

35 El dispositivo de almacenamiento de energía puede incluir un dispositivo de detección para proporcionar una medición de la presión dentro del recinto. Puede acoplarse un procesador al dispositivo de detección y configurarlo para estimar un contenido de energía del material de cambio de fase en función de la medición. Dicha disposición proporciona un medio mediante el cual puede proporcionarse a un procesador o controlador de la instalación información sobre el estado actual del PCM.

40 El material de cambio de fase dentro del recinto del dispositivo de almacenamiento de energía puede incluir una pluralidad de cuerpos resilientes que están configurados para:

45 reducirse en volumen como respuesta a un aumento de presión causado por licuefacción de la fase; y expandirse de nuevo como respuesta a una reducción de la presión provocada por la solidificación del material de cambio de fase. Esto proporciona una manera alternativa o adicional de compensar la expansión y la contracción resultantes de los cambios de fase del PCM.

50 Los cuerpos resilientes pueden estar acoplados a una matriz o estructura reticular que sirve para restringir el desplazamiento de los cuerpos resilientes. De esta manera, puede evitarse que los cuerpos resilientes se agreguen y puede mantenerse una distribución dada.

55 Según un segundo aspecto, se proporciona una instalación que comprende un sistema de agua caliente en el interior de un edificio que incluye un dispositivo de almacenamiento de energía de acuerdo con cualquier variante del primer aspecto, estando acoplado el circuito del lado de entrada del intercambiador de calor a una bomba de calor, y estando acoplado el circuito del lado de salida del intercambiador de calor al sistema de agua caliente en el interior de un edificio. Dicha disposición proporciona un medio para utilizar una bomba de calor para alimentar una instalación de suministro de agua caliente sin la necesidad de un tanque de suministro de agua caliente. Esto puede ser particularmente atractivo cuando hay poco o ningún espacio libre para acomodar un cilindro de agua caliente, tal como cuando se reemplaza una caldera combinada de gas. Un circuito de calefacción interior también puede estar acoplado al circuito del lado de entrada del intercambiador de calor y de la bomba de calor. Dicha disposición es especialmente útil cuando es necesario sustituir una caldera combinada de gas, que proporciona tanto agua caliente como calefacción (ya sea después de la instalación de la caldera combinada de gas o en la fase de instalación inicial, cuando de otro

modo una caldera combinada de gas habría sido la opción lógica).

Breve descripción de los dibujos

5 A continuación se describirán realizaciones de diversos aspectos de la divulgación únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 10 La Figura 1 es un diagrama esquemático que muestra disposiciones para mejorar la transferencia de calor dentro de un dispositivo de almacenamiento de energía que incluye un intercambiador de calor;
- 10 La Figura 2 es un diagrama esquemático que muestra un dispositivo de almacenamiento de energía en forma de un banco de energía que incluye un material de cambio de fase y un intercambiador de calor acoplado a una fuente de energía de bomba de calor, incluyendo el banco de energía uno o más sensores para proporcionar datos de medición indicativos de la cantidad de energía almacenada como calor latente en el material de cambio de fase;
- 15 La Figura 3 es un diagrama esquemático que muestra una disposición potencial de componentes de una unidad de interfaz según un aspecto de la divulgación;
- 15 La Figura 4 es un diagrama esquemático que muestra disposiciones para compensar reversiblemente la expansión de un material de cambio de fase tal como ocurre con un cambio de fase de sólido a líquido;
- 15 La Figura 5 es un diagrama esquemático que muestra una disposición para compensar reversiblemente la expansión de un material de cambio de fase tal como ocurre con un cambio de fase de sólido a líquido;
- 20 La Figura 6 es un diagrama esquemático que muestra otra disposición para compensar reversiblemente la expansión de un material de cambio de fase tal como ocurre con un cambio de fase de sólido a líquido;
- 20 La Figura 7 es un diagrama esquemático que muestra cómo el monitoreo de la presión dentro de un cuerpo de material de cambio de fase puede proporcionar información sobre el estado de almacenamiento de energía del material; y
- 25 La Figura 8 es un diagrama esquemático que muestra una instalación que comprende un sistema de calefacción interior que incluye una unidad de interfaz con una disposición de monitorización de presión.

Descripción específica

30 Una de las muchas limitaciones a la aplicabilidad de las bombas de calor es su capacidad relativamente limitada para satisfacer la demanda de agua caliente, al menos en comparación con los calentadores de agua instantáneos a gas y eléctricos, tal como calderas combinadas, en comparación con sus ventajas como fuentes de calor para la calefacción de espacios. Como se ha señalado anteriormente, para las viviendas de tamaño típicamente modesto del Reino Unido, las demandas de calefacción de espacios suelen ser tan bajas como 4 kW, mientras que
 35 las calderas combinadas de gas, incluso en apartamentos modestos de uno o dos dormitorios, generalmente pueden proporcionar 24 kW para calentar agua instantáneamente. La demanda de calefacción de 4 kW puede alcanzarse fácilmente en Europa incluso con una bomba de calor de fuente de aire, pero una unidad que podría proporcionar 24 kW para agua caliente sanitaria sería inaceptablemente grande y costosa. Las bombas de calor padecen una limitación adicional en lo que respecta a su aplicación al suministro de agua caliente sanitaria, y es el largo retraso que
 40 transcurre entre que la bomba de calor recibe una señal de inicio y el momento en que la bomba de calor realmente suministra agua caliente. Generalmente, este retraso es de más de un minuto y, a veces, de hasta dos minutos o más. Si bien esto a primera vista no suena significativo, cuando uno se da cuenta de que para cosas como lavarse las manos (uno de los usos más comunes del agua caliente en un entorno doméstico, el tiempo promedio en que funciona un grifo de agua caliente es de entre 30 segundos y 1 minuto), queda claro que las bombas de calor tienen un obstáculo importante que superar. Normalmente, este problema se soluciona almacenando agua caliente en un tanque de
 45 almacenamiento de agua caliente, de modo que esté disponible cuando se necesita. Pero esa solución no es atractiva para viviendas más pequeñas, como las de uno, dos y tres dormitorios en el Reino Unido que actualmente utilizan calderas combinadas de gas y que casi universalmente se instalan sin un tanque externo de almacenamiento de agua caliente.

50 Una tecnología que tiene potencial para mejorar la aplicabilidad de las bombas de calor a las demandas, en particular de calefacción doméstica, es el almacenamiento de energía térmica, aunque no en forma de almacenamiento de agua caliente.

55 Una forma alternativa de almacenamiento de energía térmica es el uso de materiales de cambio de fase (PCM), que se utilizan para almacenar energía en forma de calor latente. Como sugiere el nombre, los materiales de cambio de fase son materiales que exhiben un cambio de fase inducido térmicamente: calentar el PCM a su temperatura de transición de fase da como resultado que la energía se almacene como calor latente (en lugar de calor sensible). Se conocen muchos PCM diferentes, y la elección para cualquier aplicación particular viene determinada,
 60 entre otras cosas, por la temperatura de funcionamiento requerida, las limitaciones de costos, las restricciones de salud y seguridad (teniendo en cuenta la toxicidad, reactividad, inflamabilidad, estabilidad, etc. del PCM, y las restricciones que estas imponen sobre aspectos tales como los materiales necesarios para la contención del PCM). Con una elección adecuada de PCM, puede diseñarse un sistema de almacenamiento de energía térmica de modo que la energía de una bomba de calor esté disponible para calentar instantáneamente el agua de un sistema de agua
 65 caliente (doméstico), ayudando así a resolver el problema de arranque lento inherente al uso de una bomba de calor sin la necesidad de un voluminoso tanque de agua caliente.

70 A continuación presentaremos y describiremos un sistema de almacenamiento de energía basado en el uso de PCM, y especialmente adecuado para su uso en instalaciones en las que va a utilizarse una bomba de calor para calentar agua en un suministro de agua caliente. Una disposición de almacenamiento de energía de este tipo puede

ES 3 015 759 T3

incluir un intercambiador de calor que comprende un recinto y, dentro del recinto: un circuito del lado de entrada para la conexión a una fuente de energía, tal como una bomba de calor, un circuito del lado de salida para la conexión a un sumidero de energía, tal como una instalación de suministro de agua caliente, y un material de cambio de fase para el almacenamiento de energía.

5
El circuito del lado de entrada recibe líquido calentado por la fuente de calor, en nuestro caso una bomba de calor, y siempre que el líquido esté más caliente que el material dentro del intercambiador de calor, la energía se transfiere del líquido al material dentro del intercambiador de calor. Del mismo modo, la energía del material dentro del intercambiador de calor se transfiere al líquido en el circuito del lado de salida, siempre que el líquido sea más frío que el material dentro del intercambiador de calor. Por supuesto, si no hay flujo a través del circuito del lado de salida, la cantidad de energía transferida fuera del intercambiador de calor es limitada, de modo que la mayor parte de la energía de entrada permanece dentro del intercambiador de calor. En nuestro caso, el intercambiador de calor contiene un material de cambio de fase, por ejemplo, una cera de parafina o un hidrato de sal (más adelante se analizan ejemplos de materiales adecuados), de modo que la energía de entrada se transfiere en gran parte al PCM. Con una elección adecuada del material de cambio de fase y de la temperatura de funcionamiento de la bomba de calor, es posible utilizar la energía de la bomba de calor para "cargar" el "banco" de energía representado por el PCM. Opcionalmente, el suministro de energía de la bomba de calor puede complementarse mediante la inclusión de uno o más elementos de calentamiento eléctricos en el intercambiador de calor, siendo controlados los elementos de calentamiento por un procesador del sistema, y siendo utilizados, por ejemplo, cuando se aplica una tarifa de bajo costo al suministro de electricidad, o por ejemplo la producción de electricidad local o doméstica tal como la generación eólica, hidráulica o fotovoltaica, es capaz de proporcionar energía "barata" cuando existe una necesidad futura anticipada o esperada de agua caliente.

15
20
25 Para mejorar la eficiencia de la transferencia de energía desde el circuito del lado de entrada al PCM, y desde el PCM al circuito del lado de salida, proponemos proporcionar protuberancias térmicamente conductoras en los "tubos" (los "tubos" o "cañerías" por supuesto no necesitan ser de sección transversal circular: se puede usar cualquier forma apropiada) que definen los circuitos de entrada y salida. A continuación se describirán varios ejemplos ilustrativos.

30
35
40 Como se muestra esquemáticamente en la Figura 1, las tuberías de transferencia de calor 20 de los circuitos de entrada y salida del intercambiador de calor pueden estar provistas de protuberancias 22 - paletas 24, dedos 26, cables o filamentos 28, formados de un material con una alta conductividad térmica - tal como cobre, una aleación de cobre o fibra de carbono, que se extienden dentro de la masa de material de almacenamiento térmico (por ejemplo, cera) para mejorar efectivamente la transferencia de energía desde el fluido en el circuito de entrada hacia la masa de almacenamiento térmico, a lo largo de la masa de almacenamiento térmico, y desde la masa de almacenamiento térmico hacia el agua en el circuito de salida del intercambiador de calor. Aquí puede observarse que el circuito del lado de entrada y del lado de salida dentro del recinto del intercambiador de calor están definidos por cuerpos tubulares, y pueden proporcionarse protuberancias alargadas (que pueden ser filamentosas) que se extienden hacia el material de cambio de fase desde cada uno de los cuerpos tubulares, en donde las protuberancias alargadas tienen mayor conductividad térmica que el material de cambio de fase.

45
50
55 Por ejemplo, los cables de cobre 28 o las láminas de cobre 24 o los dedos 26 se pueden unir directamente, por ejemplo mediante soldadura, a las tuberías de cobre 20 (una elección preferida de material para los circuitos del intercambiador de calor dada la preponderancia del uso de cobre en los sistemas domésticos de calefacción y agua: para instalaciones que utilizan tuberías de aleación de aluminio y cuerpos radiantes, puede ser preferible, por razones electroquímicas, hacer también los circuitos de entrada y salida del intercambiador de calor y las protuberancias 22 de aluminio o una aleación del mismo) que proporcionan los circuitos de entrada y salida, extendiéndose un extremo libre de cada protuberancia 22 lejos de la tubería 20 a la que está unido. Como alternativa, cada hoja de transferencia de calor 24, o posiblemente múltiples cables de transferencia de calor 28 o dedos 26 podrían estar unidos a un clip con resorte 29 (por ejemplo, de bronce fosforoso) que se sujeta y de ese modo se asegura a una tubería de uno u otro de los circuitos de entrada y salida del intercambiador de calor.

60
65 Alternativamente, como también se muestra en la Figura 1, las tuberías que definen el circuito de entrada del intercambiador de calor pueden estar aseguradas a una malla de transferencia de calor 27. Por ejemplo, las protuberancias filamentosas pueden formar juntas una o más mallas.

70 También pueden utilizarse espumas metálicas, por ejemplo de aluminio, aleaciones de aluminio o cobre, para mejorar las propiedades de transferencia de calor del material de almacenamiento térmico, especialmente cuando se utiliza cera de parafina como material de almacenamiento térmico.

Un dispositivo de almacenamiento de energía como el descrito anteriormente encuentra una aplicación particular, pero no exclusiva, en lo que puede denominarse "una unidad de interfaz" que proporciona una interfaz entre una bomba de calor, en particular una bomba de calor (tal como una bomba de calor de fuente de aire) instalada fuera de una vivienda u otro edificio, y una instalación de distribución de agua caliente de dicha vivienda o edificio. Una unidad de interfaz de este tipo puede diseñarse y configurarse para sustituir a una instalación de caldera combinada de gas existente o potencial. Esta unidad de interfaz no sólo proporciona un medio por el cual la energía del líquido calentado por la bomba de calor puede transferirse al agua de la instalación de agua caliente, sino que también proporciona una función de almacenamiento de energía mediante la inclusión de un material de cambio de fase (PCM). La energía de la bomba de calor puede utilizarse para calentar el PCM a una temperatura de cambio de fase en la que la energía se almacena como calor latente (en lugar de simplemente como calor sensible, aunque calentar el PCM

ES 3 015 759 T3

más allá de la temperatura de cambio de fase también hace que se almacene energía adicional como calor sensible).

Se apreciará que la unidad de almacenamiento de energía almacena energía como calor latente, pero también puede almacenar calor en forma de calor sensible, como es el caso cuando el material de cambio de fase se calienta por encima de la temperatura de cambio de fase, por ejemplo, si el PCM es una cera de parafina, el PCM se puede calentar a la temperatura de cambio de fase, en la que finalmente se derretirá, y luego un aporte adicional de calor llevará la temperatura de la cera por encima del punto de fusión. Pero en cualquier caso, durante el uso del acumulador de energía la temperatura del agua en el sistema de agua caliente estará en el rango de 40 a 60 grados Celsius. Por ello, para evitar el desperdicio de energía, es conveniente dotar la unidad de almacenamiento de energía de aislamiento térmico. La elección del aislamiento depende del entorno y, en particular, del gradiente de temperatura a través del aislamiento, del espacio disponible y también del coste.

La Figura 2 muestra esquemáticamente, pero con mayor detalle, una disposición de almacenamiento de energía en forma de un banco de energía 210 que incluye un intercambiador de calor, comprendiendo el banco de energía un recinto 212. Dentro del recinto 212 se encuentran un circuito del lado de entrada 214 del intercambiador de calor para la conexión a una fuente de energía, mostrada aquí como una bomba de calor 216, un circuito del lado de salida 218 del intercambiador de calor para la conexión a un sumidero de energía, mostrado aquí como un sistema de suministro de agua caliente conectado a una alimentación de agua fría 220 e que incluye una o más salidas 222. Dentro del recinto 212 hay un material de cambio de fase para el almacenamiento de energía. El banco de energía 210 también incluye uno o más sensores de estado 224, para proporcionar una medición indicativa de un estado del PCM. Por ejemplo, uno o más de los sensores de estado 224 pueden ser un sensor de presión para medir la presión dentro del recinto. Preferiblemente, el recinto también incluye uno o más sensores de temperatura 226 para medir temperaturas dentro del material de cambio de fase (PCM). Si, como se prefiere, se proporcionan múltiples sensores de temperatura dentro del PCM, estos están preferiblemente espaciados lejos de la estructura de los circuitos de entrada y salida del intercambiador de calor, y adecuadamente espaciados dentro del PCM para obtener una buena "imagen" del estado del PCM.

El banco de energía 210 tiene un controlador de sistema asociado 228 que incluye un procesador 230. El controlador puede estar integrado en el banco de energía 210, pero es más habitual que se monte por separado. El controlador 228 también puede estar provisto de un módulo de interfaz de usuario 231, como una unidad integrada o separada, o como una unidad que puede montarse de manera desmontable en un cuerpo que contenga el controlador 228. El módulo de interfaz de usuario 231 normalmente incluye un panel de visualización y un teclado, por ejemplo en forma de una pantalla sensible al tacto. El módulo de interfaz de usuario 231, si está separado o es separable del controlador 228, preferiblemente incluye una capacidad de comunicación inalámbrica para permitir que el procesador 230 del controlador 228 y el módulo de interfaz de usuario se comuniquen entre sí. El módulo de interfaz de usuario 231 se utiliza para mostrar información sobre el estado del sistema, mensajes, consejos y advertencias al usuario, y para recibir entradas y comandos del usuario, como instrucciones de inicio y parada, ajustes de temperatura, anulaciones del sistema, etc.

El/los sensor(es) de estado está(n) acoplado(s) al procesador 230, al igual que el/los sensor(es) de temperatura 226 si está(n) presente(s). El procesador 230 también está acoplado a un procesador/controlador 232 en la bomba de calor 216, ya sea a través de una conexión cableada, o de forma inalámbrica utilizando transceptores asociados 234 y 236, o a través de una conexión cableada e inalámbrica. De esta manera, el controlador del sistema 228 puede enviar instrucciones, como una instrucción de inicio y una instrucción de parada, al controlador 232 de la bomba de calor 216. De la misma manera, el procesador 230 también es capaz de recibir información del controlador 232 de la bomba de calor 216, como actualizaciones de estado, información de temperatura, etc.

La instalación de suministro de agua caliente también incluye uno o más sensores de flujo 238 que miden el flujo en el sistema de suministro de agua caliente. Como se muestra, dicho sensor de flujo puede estar dispuesto en la alimentación de agua fría 220 al sistema, y/o entre la salida del circuito del lado de salida 218 del intercambiador de calor. Opcionalmente, uno o más sensores de presión también pueden incluirse en el sistema de suministro de agua caliente, y nuevamente el o los sensores de presión pueden proporcionarse aguas arriba del intercambiador de calor/banco de energía, y/o aguas abajo del intercambiador de calor/banco de energía, por ejemplo junto con uno o más de los uno o más sensores de flujo 238. El o cada sensor de flujo, el o cada sensor de temperatura y el o cada sensor de presión están acoplados al procesador 230 del controlador de sistema 228 con una o ambas conexiones cableadas o inalámbricas, por ejemplo utilizando uno o más transmisores o transceptores inalámbricos 240. Dependiendo de la naturaleza de los diversos sensores 224, 226 y 238, también pueden ser interrogables por el procesador 230 del controlador del sistema 228.

Una válvula de mezcla termostática controlada eléctricamente 260 está acoplada entre la salida del banco de energía y una o más salidas del sistema de suministro de agua caliente, e incluye un sensor de temperatura 262 en su salida. Un calentador de agua instantáneo adicional, 270, por ejemplo un calentador eléctrico (inductivo o resistivo) controlado por el controlador 228, se coloca preferiblemente en la trayectoria del flujo de agua entre la salida del banco de energía y la válvula de mezcla 260. Puede proporcionarse un sensor de temperatura adicional para medir la temperatura de la salida de agua del calentador de agua instantáneo 270, y las mediciones pueden proporcionarse al controlador 228 para que el controlador module la salida de potencia del calentador de agua instantáneo 270, en función de un valor recibido del sensor de temperatura 210 para lograr la temperatura objetivo correcta en la salida de agua.

La válvula de mezcla termostática 260 también está acoplada a un suministro de agua fría 280, y es

ES 3 015 759 T3

controlable por el controlador 228 para mezclar agua caliente y fría para lograr una temperatura de suministro deseada.

Opcionalmente, como se muestra, el banco de energía 210 puede incluir, dentro del recinto 212, un elemento de calentamiento eléctrico 242 que es controlado por el procesador 230 del controlador del sistema 228, y que en ocasiones puede usarse como una alternativa a la bomba de calor 216 para recargar el banco de energía.

La Figura 2 es simplemente un esquema y únicamente muestra la conexión de la bomba de calor a una instalación de suministro de agua caliente. Se comprenderá que en muchas partes del mundo existe la necesidad de calefacción de espacios además de agua caliente. Por lo tanto, normalmente la bomba de calor 216, que es preferiblemente una bomba de calor de fuente de aire, también se utilizará para proporcionar calefacción de espacios. Más adelante en la solicitud se describirá un ejemplo de disposición en el que una bomba de calor proporciona calefacción espacial y funciona con un banco de energía para calentar agua. Para facilitar la descripción, la siguiente descripción de un método de funcionamiento de un banco de energía según un aspecto de la invención, por ejemplo como se ilustra en la Figura 2, se aplica igualmente a la instalación del banco de energía independientemente de si la bomba de calor asociada proporciona calefacción de espacios o no.

Consideremos ahora la Figura 3, que muestra esquemáticamente una disposición potencial de componentes de una unidad de interfaz 10 según un aspecto de la divulgación. La unidad de interfaz interactúa entre una bomba de calor (tal como el elemento 216 mostrado en la Figura 2 pero no se muestra en esta Figura) y un sistema de agua caliente en el interior de un edificio. La unidad de interfaz incluye un intercambiador de calor 12 que comprende un recinto (no numerado por separado) dentro del cual hay un circuito del lado de entrada, mostrado de forma muy simplificada como 14 (el equivalente de 214 de la Figura 2), para la conexión a la bomba de calor, y un circuito del lado de salida, de nuevo mostrado de forma muy simplificada como 16 (el equivalente de 218 de la Figura 2), para la conexión al sistema de agua caliente en el interior de un edificio (no mostrado en esta Figura). Como en las Figuras 1 y 1, el intercambiador de calor 12 también contiene un medio de almacenamiento térmico para el almacenamiento de energía, pero esto no se muestra en la Figura. En el ejemplo que se describirá ahora con referencia a la Figura 3 el medio de almacenamiento térmico es un material de cambio de fase. A lo largo esta memoria descriptiva, incluyendo las reivindicaciones, las referencias al medio de almacenamiento térmico, medio de almacenamiento de energía y material de cambio de fase deben considerarse intercambiables a menos que el contexto requiera claramente lo contrario.

Normalmente, el material de cambio de fase en el intercambiador de calor tiene una capacidad de almacenamiento de energía (en términos de la cantidad de energía almacenada en virtud del calor de fusión latente) de entre 2 y 5 MJulios, aunque es posible más almacenamiento de energía y puede ser útil. Y, por supuesto, también es posible un menor almacenamiento de energía, pero en general se desea maximizar (sujeto a restricciones prácticas basadas en dimensiones físicas, peso, coste y seguridad) el potencial de almacenamiento de energía en el material de cambio de fase de la unidad de interfaz 10. Más adelante en esta memoria descriptiva se hablará más sobre los materiales de cambio de fase adecuados y sus propiedades, y también sobre las dimensiones, etc.

El circuito del lado de entrada 14 está conectado a una tubería o conducto 18 que a su vez se alimenta desde el nodo 20, desde la tubería 22 que tiene un acoplamiento 24 para la conexión a una alimentación desde una bomba de calor. El nodo 20 también alimenta fluido desde la bomba de calor a la tubería 26 que termina en un acoplamiento 28 que está destinado a la conexión a una red de calefacción de una casa o apartamento, por ejemplo para la conexión a una calefacción por suelo radiante o a una red de radiadores o a ambos. De este modo, una vez que la unidad de interfaz 10 está completamente instalada y operativa, el fluido calentado por una bomba de calor (que se encuentra fuera de la casa o apartamento) pasa a través del acoplamiento 24 y por la tubería 22 hasta el nodo 20, desde donde el flujo de fluido pasa, dependiendo del ajuste de una válvula de 3 puertos 32, por la tubería 18 hasta el circuito del lado de entrada 14 del intercambiador de calor, o por la tubería 26 y sale a través del acoplamiento 28 hacia la infraestructura de calefacción del local.

El fluido calentado de la bomba de calor fluye a través del circuito del lado de entrada 14 del intercambiador de calor y sale del intercambiador de calor 12 a lo largo de la tubería 30. En uso, bajo ciertas circunstancias, el calor transportado por el fluido calentado desde la bomba de calor cede parte de su energía al material de cambio de fase dentro del intercambiador de calor y parte al agua en el circuito del lado de salida 16. En otras circunstancias, como se explicará más adelante, el fluido que fluye a través del circuito del lado de entrada 14 del intercambiador de calor en realidad adquiere calor del material de cambio de fase.

La tubería 30 alimenta el fluido que sale del circuito del lado de entrada 14 a una válvula motorizada de 3 puertos 32 y luego, dependiendo del estado de la válvula, sale por la tubería 34 a la bomba 36. La bomba 36 puede servir para impulsar el flujo hacia la bomba de calor externa a través del acoplamiento 38.

La válvula motorizada de 3 puertos 32 también recibe fluido procedente de la tubería 40 que recibe, a través del acoplamiento 42, el fluido que retorna de la infraestructura de calefacción (por ejemplo, radiadores) de la casa o piso.

Entre la válvula motorizada de tres puertos 32 y la bomba 36 se dispone un trío de transductores: un transductor de temperatura 44, un transductor de flujo 46 y un transductor de presión 48. Además, en la tubería 22 se dispone un transductor de temperatura 49 que introduce el fluido desde la salida de la bomba de calor. Estos transductores, al igual que todos los demás en la unidad de interfaz 10, están conectados operativamente a o son direccionables por un procesador, no mostrado, que normalmente se proporciona como parte de la unidad de interfaz,

ES 3 015 759 T3

pero que se puede proporcionar en un módulo separado.

Aunque no se ilustra en la Figura 3, también puede proporcionarse un elemento de calentamiento eléctrico adicional también puede proporcionarse en la ruta de flujo entre el acoplador 24, que recibe fluido desde la salida de la bomba de calor. Este elemento de calentamiento eléctrico adicional puede ser nuevamente un elemento de calentamiento inductivo o resistivo y se proporciona como un medio para compensar una falla potencial de la bomba de calor, pero también para un posible uso para agregar energía a la unidad de almacenamiento térmico (por ejemplo, en función del coste de energía actual y previsto para calefacción y/o agua caliente). El elemento de calentamiento eléctrico adicional también puede controlarse, por supuesto, mediante el procesador del sistema.

También acoplado a la tubería 34 está un vaso de expansión 50, al que está conectado una válvula 52 mediante la cual puede conectarse un bucle de llenado para rellenar fluido en el circuito de calefacción. También se muestran como parte del circuito de calefacción de la unidad de interfaz una válvula de alivio de presión 54, intermedia entre el nodo 20 y el circuito del lado de entrada 14, y opcionalmente un filtro 56 (para capturar contaminantes particulados), el acoplamiento intermedio 42 y la válvula de 3 puertos 32.

El intercambiador de calor 12 está provisto preferiblemente también de varios transductores, incluyendo al menos un transductor de temperatura 58, aunque es preferible proporcionar más (por ejemplo hasta 4 o más), como se muestra, y un transductor de presión 60. En el ejemplo mostrado, el intercambiador de calor incluye 4 transductores de temperatura distribuidos uniformemente dentro del material de cambio de fase, de modo que pueden determinarse las variaciones de temperatura (y, por lo tanto, obtener conocimiento sobre el estado del material de cambio de fase en toda su masa). Dicha disposición puede ser especialmente beneficiosa durante la fase de diseño/implementación como un medio para optimizar el diseño del intercambiador de calor, incluso para optimizar las disposiciones de transferencia de calor adicional. Pero tal disposición también puede seguir siendo beneficiosa en sistemas implementados, ya que tener múltiples sensores puede proporcionar información útil al procesador y a los algoritmos de aprendizaje automático empleados por el procesador (ya sea solo de la unidad de interfaz y/o de un procesador de un sistema que incluye la unidad de interfaz).

A continuación se describirá la disposición del circuito de alimentación de agua fría y de agua caliente de la unidad de interfaz 10. Se proporciona un acoplamiento 62 para la conexión a una alimentación de frío procedente, por ejemplo, de una red de agua. Normalmente, antes de que el agua de la tubería principal llegue a la unidad de interfaz 10, habrá pasado a través de una válvula antirretorno antisifón y es posible que se haya reducido su presión. Desde el acoplamiento 62 el agua fría pasa a través de una tubería hasta el circuito del lado de salida 16 del intercambiador de calor 12. Dado que proporcionamos un procesador que monitorea numerosos sensores en la unidad de interfaz, al mismo procesador se le puede asignar opcionalmente una tarea más. Esta es monitorear la presión a la que se suministra agua fría desde el suministro de agua de la red. Para este fin, puede introducirse un sensor de presión adicional en la línea de suministro de agua fría aguas arriba del acoplamiento 62, y en particular aguas arriba de cualquier dispositivo reductor de presión dentro de las instalaciones. El procesador puede entonces monitorear de forma continua o periódica la presión del agua suministrada, e incluso solicitar al propietario/usuario que solicite una compensación a la compañía de suministro de agua si la tubería principal suministra agua a una presión inferior al mínimo legal.

Desde el circuito del lado de salida 16 el agua, que puede haber sido calentada por su paso a través del intercambiador de calor, pasa a lo largo de una tubería 66 a una unidad de calentamiento eléctrico 68. La unidad de calentamiento eléctrico 68, que está bajo el control del procesador mencionado anteriormente, puede comprender un dispositivo de calentamiento resistivo o inductivo cuya salida de calor puede modularse de acuerdo con las instrucciones del procesador.

El procesador está configurado para controlar el calentador eléctrico, basándose en información sobre el estado del material de cambio de fase y de la bomba de calor.

Normalmente, la unidad de calentamiento eléctrico 68 tiene una potencia nominal de no más de 10 kW, aunque en algunas circunstancias puede proporcionarse un calentador más potente, por ejemplo de 12 kW.

Desde el calentador eléctrico 68, lo que ahora será agua caliente pasa por una tubería 70 hasta un acoplamiento 74 al que se conectará el circuito de agua caliente, incluyendo las salidas controlables como grifos y duchas, de la casa o piso.

Después del calentador eléctrico 68, por ejemplo en la salida del calentador eléctrico 68, se dispone un transductor de temperatura 76 para proporcionar información sobre la temperatura del agua en la salida del sistema de agua caliente. También se proporciona una válvula de alivio de presión 77 en el suministro de agua caliente, y si bien se muestra ubicada entre el calentador eléctrico 68 y el transductor de temperatura de salida 76, su ubicación precisa no es importante, como de hecho es el caso de muchos de los componentes ilustrados en la Figura 3.

También en algún lugar de la línea de suministro de agua caliente hay un transductor de presión 79 y/o un transductor de flujo 81, cualquiera de los cuales puede ser utilizado por el procesador para detectar la solicitud de agua caliente, es decir, detectar la apertura de una salida controlable como un grifo o una ducha. El transductor de flujo es preferiblemente uno que esté libre de partes móviles, por ejemplo basado en detección de flujo sónico o detección de flujo magnético. El procesador puede entonces utilizar la información de uno o ambos transductores, junto con su lógica almacenada, para decidir si debe enviar una señal a la bomba de calor para que se ponga en

marcha.

Se apreciará que el procesador puede solicitar a la bomba de calor que se ponga en marcha ya sea en función de la demanda de calefacción del espacio (por ejemplo, en función de un programa almacenado en el procesador o en un controlador externo, y/o en función de señales de uno o más termostatos, por ejemplo, estadísticas de la habitación, estadísticas externas, estadísticas de calefacción por suelo radiante) o en función de la demanda de agua caliente. El control de la bomba de calor puede realizarse en forma de simples comandos de encendido y apagado, pero también puede realizarse alternativamente en forma de modulación (utilizando, por ejemplo, un ModBus).

Como es el caso del circuito de calefacción de la unidad de interfaz, se proporciona preferiblemente un trío de transductores a lo largo del tubo de alimentación de agua fría 64: un transductor de temperatura 78, un transductor de flujo 80 y un transductor de presión 82. Otro transductor de temperatura 84 también se dispone preferiblemente en el tubo 66 entre la salida del circuito del lado de salida 16 del intercambiador de calor 12 y el calentador eléctrico 68. Todos estos transductores están nuevamente conectados operativamente o son direccionables por el procesador mencionado anteriormente.

También se muestran en la línea de suministro de agua fría 64 un acondicionador de agua magnético o eléctrico opcional 86, una válvula motorizada y modulable 88 (que como todas las válvulas motorizadas pueden ser controladas por el procesador mencionado anteriormente), una válvula antirretorno 90 y un vaso de expansión 92. La válvula modulable 88 puede controlarse para regular el flujo de agua fría para mantener una temperatura deseada de agua caliente (medida, por ejemplo, mediante un transductor de temperatura 76).

Las válvulas 94 y 96 también pueden proporcionarse para la conexión a tanques de almacenamiento externos para el almacenamiento de agua fría y caliente respectivamente. Opcionalmente, al menos la válvula 96 puede utilizarse para recircular agua caliente en el local para reducir el tiempo de suministro de agua caliente, aunque esta funcionalidad puede implicar un mayor consumo de energía, por lo que la funcionalidad debe usarse con cuidado. Finalmente, puede proporcionarse una válvula de retención doble 98 para conectar la tubería de alimentación de frío 64 a otra válvula 100 que puede utilizarse con un bucle de llenado para conectar a la válvula 52 mencionada anteriormente para cargar el circuito de calefacción con más agua o una mezcla de agua e inhibidor de corrosión.

Debe tenerse en cuenta que la Figura 3 muestra varios de los cruces de tuberías, pero a menos que estos cruces se muestren como nodos, como el nodo 20, las dos tuberías que se muestran como cruzadas no se comunican entre sí, como ya debería quedar claro a partir de la descripción anterior de la Figura.

Aunque no se muestra en la Figura 3, el intercambiador de calor 12 puede incluir uno o más elementos de calentamiento eléctricos adicionales configurados para introducir calor en el medio de almacenamiento térmico. Aunque esto puede parecer contradictorio, permite el uso de energía eléctrica para precargar el medio de almacenamiento térmico en momentos en que tiene sentido económico hacerlo, como se explicará a continuación.

Desde hace mucho tiempo, las empresas de suministro de energía tienen la práctica de establecer tarifas en las que el coste de una unidad de electricidad varía según la hora del día, para tener en cuenta los momentos de mayor o menor demanda y ayudar a dar forma al comportamiento de los clientes para equilibrar mejor la demanda y la capacidad de suministro. Históricamente, los planes tarifarios eran más bien burdos y reflejaban la tecnología tanto de generación como de consumo de energía. Pero la creciente incorporación de fuentes de energía renovables de energía eléctrica, como la energía solar (por ejemplo, de células, paneles y granjas fotovoltaicas) y la energía eólica, al tejido de generación de energía de los países ha estimulado el desarrollo de una fijación de precios de la energía más dinámica. Este enfoque refleja la variabilidad inherente a la generación de energía que depende del clima. Inicialmente, estos precios dinámicos estaban restringidos en gran medida a los usuarios a gran escala, pero cada vez más se ofrecen a los consumidores domésticos.

El grado de dinamismo de los precios varía de un país a otro y también entre diferentes productores dentro de un país determinado. En un extremo, la fijación de precios "dinámicos" es poco más que la oferta de diferentes tarifas en distintos intervalos de tiempo a lo largo del día, y dichas tarifas pueden aplicarse durante semanas, meses o estaciones sin variación. Pero algunos regímenes de precios dinámicos permiten al proveedor cambiar los precios con un día de aviso o menos; así, por ejemplo, a los clientes se les pueden ofrecer hoy precios por franjas de media hora mañana. En algunos países se ofrecen franjas horarias de hasta seis minutos, y es posible que el plazo para notificar a los consumidores sobre las próximas tarifas se pueda reducir aún más incluyendo "inteligencia" en los equipos que consumen energía.

Dado que es posible utilizar predicciones meteorológicas a corto y mediano plazo para predecir tanto la cantidad de energía que probablemente producirán las instalaciones solares y eólicas como la escala probable de la demanda de energía para calefacción y refrigeración, es posible predecir períodos de demanda extrema. Incluso se sabe que algunas empresas generadoras de energía con una importante capacidad de generación de energía renovable ofrecen cargos negativos por la electricidad: literalmente pagando a los clientes por usar el exceso de energía. Más a menudo, la energía puede ofrecerse a una pequeña fracción de la tarifa habitual.

Al incorporar un calentador eléctrico en una unidad de almacenamiento de energía, tal como un intercambiador de calor de sistemas según la divulgación, se hace posible que los consumidores aprovechen períodos de suministro de bajo costo y reduzcan su dependencia de la energía eléctrica en momentos de altos precios de la energía. Esto no sólo beneficia al consumidor individual, sino también a un nivel más general, ya que puede reducir la

ES 3 015 759 T3

demanda en momentos en que el exceso de demanda debe satisfacerse quemando combustibles fósiles.

El procesador de la unidad de interfaz tiene una conexión cableada o inalámbrica (o ambas) a una red de datos, como Internet, para permitir que el procesador reciba información de precios dinámicos de los proveedores de energía. El procesador también tiene preferiblemente una conexión de enlace de datos (por ejemplo, un ModBus) a la bomba de calor, tanto para enviar instrucciones a la bomba de calor como para recibir información (por ejemplo, información de estado e información de temperatura) de la bomba de calor. El procesador tiene una lógica que le permite* aprender el comportamiento del hogar y, con esto y la información de precios dinámicos, el procesador puede determinar si es necesario utilizar electricidad más barata para precargar el sistema de calefacción y cuándo hacerlo. Esto puede hacerse calentando el medio de almacenamiento de energía utilizando un elemento eléctrico dentro del intercambiador de calor, pero también puede hacerse impulsando la bomba de calor a una temperatura más alta de lo normal (por ejemplo, 60 grados Celsius en lugar de entre 40 y 48 grados Celsius). La eficiencia de la bomba de calor se reduce cuando funciona a temperaturas más altas, pero el procesador puede tenerlo en cuenta al decidir cuándo y cómo utilizar mejor electricidad más barata.

*Debido a que el procesador del sistema se puede conectar a una red de datos, como Internet y/o la intranet de un proveedor, el procesador del sistema local puede beneficiarse de la potencia informática externa. Así, por ejemplo, es probable que el fabricante de la unidad de interfaz tenga presencia en la nube (o intranet) donde se proporcione potencia informática para realizar cálculos, por ejemplo, de: ocupación prevista; actividad; tarifa (corta/larga); previsiones meteorológicas (que pueden ser preferibles a las previsiones meteorológicas generalmente disponibles porque pueden preprocesarse para facilitar su uso por parte del procesador local, y también pueden adaptarse muy específicamente a la situación, la ubicación y la exposición de la propiedad en la que está instalada la unidad de interfaz); identificación de falsos positivos y/o falsos negativos.

Para proteger a los usuarios del riesgo de quemaduras por agua sobrecalentada del sistema de suministro de agua caliente, es conveniente proporcionar una función de protección contra quemaduras. Esto puede tomar la forma de proporcionar una válvula controlable eléctricamente (modulable) para mezclar agua fría del suministro de agua fría con agua caliente cuando sale del circuito de salida del intercambiador de calor.

La Figura 3 muestra esquemáticamente lo que podría considerarse las "entrañas" de la unidad de interfaz, pero no muestra ningún contenedor para estas "entrañas". Una aplicación importante de las unidades de interfaz de acuerdo con la divulgación es como un medio para permitir que una bomba de calor se use como un contribuyente práctico a los requisitos de calefacción y agua caliente de un espacio de una vivienda que anteriormente estaba provista de una caldera combinada a gas (o que de otra manera podría tener dicha caldera instalada), se apreciará que a menudo será conveniente proporcionar un contenedor tanto por estética como por seguridad, tal como es el caso convencionalmente con las calderas combinadas. Además, preferiblemente cualquier contenedor de este tipo estará dimensionado para encajar en un factor de forma que permita el reemplazo directo de una caldera combinada, que normalmente se montan en la pared, a menudo en una cocina donde coexisten con los gabinetes de la cocina. Partiendo de la forma de un cuboide generalmente rectangular (aunque por supuesto, por estética, ergonomía o seguridad, se pueden utilizar superficies curvas para cualquiera o todas las superficies del contenedor) con una altura, anchura y profundidad, se pueden encontrar tamaños adecuados en los rangos aproximados: altura 650 mm a 800 mm; anchura 350 mm a 550 mm; profundidad 260 mm a 420 mm; por ejemplo 800 mm de alto, por 500 mm de ancho y 400 mm de profundidad, aunque pueden proporcionarse unidades más grandes, y en particular más altas.

Una distinción notable de las unidades de interfaz según la divulgación con respecto a las calderas combinadas de gas es que, si bien los contenedores de estas últimas generalmente tienen que estar hechos de materiales no combustibles, como acero, debido a la presencia de una cámara de combustión caliente, las temperaturas internas de una unidad de interfaz normalmente serán considerablemente menores a 100 Celsius, típicamente menores a 70 Celsius y generalmente menores a 60 Celsius. Por lo tanto, resulta práctico utilizar materiales menos resistentes al fuego, como madera, bambú o incluso papel, a la hora de fabricar un contenedor para la unidad de interfaz.

La falta de combustión también abre la posibilidad de instalar unidades de interfaz en lugares que generalmente nunca se considerarían adecuados para la instalación de calderas combinadas de gas y, por supuesto, a diferencia de una caldera combinada de gas, las unidades de interfaz según la divulgación no requieren un conducto de humos para los gases de escape. Así, por ejemplo, es posible configurar una unidad de interfaz para su instalación debajo de una encimera de cocina, e incluso aprovechar el famoso punto muerto que representa una esquina debajo de la encimera. Para su instalación en dicho lugar, la unidad de interfaz podría integrarse en un armario bajo encimera, preferiblemente mediante una colaboración con un fabricante de muebles de cocina. Pero la mayor flexibilidad para la implementación se mantendría al tener una unidad de interfaz que efectivamente se ubica detrás de algún tipo de gabinete, estando el gabinete configurado para permitir el acceso a la unidad de interfaz. La unidad de interfaz se configuraría entonces preferiblemente para permitir que la bomba de circulación 36 se deslice hacia afuera y lejos del intercambiador de calor 12 antes de que la bomba de circulación 36 se desacople de la trayectoria de flujo del circuito del lado de entrada.

También puede considerarse aprovechar otros espacios que a menudo se desperdician en las cocinas equipadas, es decir, el espacio debajo de los armarios bajo encimera. A menudo, hay un espacio con una altura de más de 150 mm y una profundidad de alrededor de 600 mm, con anchos de 300, 400, 500, 600 mm o más (aunque debe tenerse en cuenta cualquier pata que sostenga los gabinetes). En particular, en el caso de instalaciones nuevas o cuando se reemplaza una caldera combinada junto con una remodelación de la cocina, tiene sentido utilizar estos

espacios al menos para acomodar el intercambiador de calor de la unidad de interfaz, o utilizar más de una unidad de intercambiador de calor para una unidad de interfaz determinada.

En particular, en el caso de unidades de interfaz diseñadas para montaje en pared, aunque potencialmente es beneficioso cualquiera que sea la aplicación de la unidad de interfaz, a menudo será deseable diseñar la unidad de interfaz como una pluralidad de módulos. Con tales diseños puede ser conveniente tener el intercambiador de calor como uno de los módulos, porque la presencia del material de cambio de fase puede provocar que el intercambiador de calor solo pese más de 25 kg. Por razones de salud y seguridad, y con el fin de facilitar la instalación por una sola persona, sería deseable garantizar que una unidad de interfaz pueda entregarse como un conjunto de módulos, ninguno de los cuales pese más de unos 25 kg.

Esta restricción de peso puede soportarse convirtiendo uno de los módulos en un chasis para montar la unidad de interfaz en una estructura. Por ejemplo, cuando va a montarse una unidad de interfaz en la pared en lugar de una caldera combinada de gas existente, puede resultar conveniente fijar primero a la pared un chasis sobre el que se apoyan los demás módulos. Preferiblemente, el chasis está diseñado para funcionar con las posiciones de los puntos de fijación existentes que se utilizan para soportar la caldera combinada que se está reemplazando. Esto podría lograrse potencialmente proporcionando un chasis "universal" que tenga orificios de fijación preformados de acuerdo con los espaciamientos y posiciones de las calderas combinadas de gas más populares. Como alternativa, podría resultar rentable producir una gama de chasis cada uno con posiciones/tamaños/espaciamientos de orificios que coincidan con los de las calderas de un fabricante particular. Luego solo hace falta especificar el chasis correcto para reemplazar la caldera del fabricante correspondiente. Este enfoque tiene múltiples beneficios: evita la necesidad de perforar más agujeros para que los tapones coloquen los pernos de fijación, y no solo elimina el tiempo necesario para marcar, perforar los agujeros y limpiar, sino que también evita la necesidad de debilitar aún más la estructura de la vivienda donde se lleva a cabo la instalación, lo que puede ser una consideración importante dadas las técnicas y materiales de construcción de bajo costo que se usan con frecuencia en las "casas iniciales" y otras viviendas de bajo coste.

Preferiblemente, el módulo intercambiador de calor y el módulo del chasis están configurados para acoplarse entre sí. De esta manera puede evitarse la necesidad de fijaciones separables, ahorrando así tiempo de instalación.

Preferiblemente, un módulo adicional incluye primeras interconexiones, por ejemplo 62 y 74, para acoplar el circuito del lado de salida 16 del intercambiador de calor 12 al sistema de agua caliente del edificio. Preferiblemente, el módulo adicional también incluye segundas interconexiones, por ejemplo 38 y 24, para acoplar el circuito del lado de entrada 14 del intercambiador de calor 12 a la bomba de calor. Preferiblemente, el módulo adicional también incluye terceras interconexiones, por ejemplo 42 y 28 de la Figura 3, para acoplar la unidad de interfaz al circuito de calefacción del local donde se va a utilizar la unidad de interfaz. Se apreciará que montando el intercambiador de calor en el chasis que está conectado directamente a la pared, en lugar de montar primero las conexiones en el chasis, el peso del intercambiador de calor se mantiene más cerca de la pared, lo que reduce el efecto de carga en voladizo sobre las fijaciones de pared que aseguran la unidad de interfaz a la pared.

Materiales de cambio de fase

Una clase adecuada de materiales de cambio de fase son las ceras de parafina, que tienen un cambio de fase sólido-líquido a temperaturas de interés para el suministro de agua caliente sanitaria y para su uso en combinación con bombas de calor. De particular interés son las ceras de parafina que se funden a temperaturas en el rango de 40 a 60 Celsius, y dentro de este rango pueden encontrarse ceras que se funden a diferentes temperaturas para adaptarse a aplicaciones específicas. La capacidad típica de calor latente está entre aproximadamente 180 kJ/kg y 230 kJ/kg y un calor específico de quizás $2,27 \text{ Jg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ en la fase líquida, y $2,1 \text{ Jg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ en la fase sólida. Puede observarse que pueden almacenarse cantidades muy considerables de energía utilizando el calor latente de fusión. También puede almacenarse más energía calentando el líquido de cambio de fase por encima de su punto de fusión. Por ejemplo, cuando los costes de electricidad son relativamente bajos y puede predecirse que pronto habrá una necesidad de agua caliente (en un momento en que es probable que la electricidad cueste más, o se sabe que costará más, tal vez), entonces puede tener sentido hacer funcionar la bomba de calor a una temperatura más alta de lo normal para "sobrecalentar" el depósito de energía térmica.

Una elección adecuada de cera puede ser una con un punto de fusión a aproximadamente 48 Celsius, tal como n-tricosano C_{23} o parafina $\text{C}_{20}\text{-C}_{33}$. La aplicación de la diferencia de temperatura estándar de 3K en el intercambiador de calor (entre el líquido suministrado por la bomba de calor y el material de cambio de fase en el intercambiador de calor) da como resultado una temperatura del líquido de la bomba de calor de alrededor de 51 Celsius. Y de manera similar en el lado de salida, permitiendo una caída de temperatura de 3K, llegamos a una temperatura del agua de 45 Celsius, que es satisfactoria para agua caliente doméstica general, lo suficientemente caliente para grifos de cocina, pero potencialmente un poco alta para grifos de ducha/baño, pero obviamente siempre puede agregarse agua fría a un flujo para reducir la temperatura del agua. Por supuesto, si los miembros de la familia están acostumbrados a aceptar temperaturas de agua caliente más bajas, o si son aceptables por alguna otra razón, entonces potencialmente puede considerarse un material de cambio de fase con un punto de fusión más bajo, pero generalmente una temperatura de transición de fase en el rango de 45 a 50 es probable que sea una buena opción. Obviamente, queremos tener en cuenta el riesgo de Legionella por almacenar agua a esa temperatura.

Las bombas de calor (por ejemplo, las bombas de calor geotérmicas o de aire) tienen temperaturas de funcionamiento de hasta 60 Celsius (aunque al usar propano como refrigerante, son posibles temperaturas de

ES 3 015 759 T3

funcionamiento de hasta 72 Celsius), pero su eficiencia tiende a ser mucho mayor cuando funciona a temperaturas en el rango de 45 a 50 Celsius. Por lo tanto, es probable que nuestros 51 grados Celsius, a partir de una temperatura de transición de fase de 48 grados Celsius, sean satisfactorios.

5 También es necesario tener en cuenta el rendimiento térmico de la bomba de calor. Generalmente, la DT máxima (la diferencia entre la temperatura de entrada y salida del fluido calentado por la bomba de calor) se mantiene preferiblemente en el rango de 5 a 7 Celsius, aunque puede ser tan alta como 10 Celsius.

10 Aunque las ceras de parafina son un material preferido para su uso como medio de almacenamiento de energía, no son los únicos materiales adecuados. Los hidratos de sal también son adecuados para sistemas de almacenamiento de energía de calor latente como los actuales. Los hidratos de sal en este contexto son mezclas de sales inorgánicas y agua, y el cambio de fase implica la pérdida de toda o gran parte de su agua. En la transición de fase, los cristales de hidrato se dividen en sal anhidra (o menos acuosa) y agua. Las ventajas de los hidratos de sal son que tienen conductividades térmicas mucho más altas que las ceras de parafina (entre 2 y 5 veces más altas) y un cambio de volumen mucho menor con la transición de fase. Un hidrato de sal adecuado para la aplicación actual es $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, que tiene un punto de fusión de aproximadamente 48 a 49 Celsius, y un calor latente de 200/220 kJ/kg.

20 En términos simples de almacenamiento de energía, también puede considerarse el uso de PCM con temperaturas de transición de fase que estén significativamente por encima del rango de 40 a 50 grados Celsius. Por ejemplo, una cera de parafina, existiendo ceras disponibles con una amplia gama de puntos de fusión:

n-henicosano C_{24} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 40 Celsius;
n-docosano C_{21} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 44,5 Celsius;
25 n-tetracosano C_{23} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 52 Celsius;
n-pentacosano C_{25} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 54 Celsius;
n-hexacosano C_{26} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 56,5 Celsius;
n-heptacosano C_{27} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 59 Celsius;
n-octacosano C_{28} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 64,5 Celsius;
n-nonacosano C_{29} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 65 Celsius;
30 n-triacosano C_{30} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 66 Celsius;
n-hentriacosano C_{31} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 67 Celsius;
n-dotriacosano C_{32} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 69 Celsius;
n-triatriacosano C_{33} que tiene un punto de fusión de aproximadamente 71 Celsius;
parafina $\text{C}_{22}\text{-C}_{45}$ que tiene un punto de fusión de aproximadamente 58 a 60 Celsius;
35 parafina $\text{C}_{21}\text{-C}_{50}$ que tiene un punto de fusión de aproximadamente 66 a 68 Celsius;
RT 70 HC que tiene un punto de fusión de aproximadamente 69 a 71 Celsius.

40 Como alternativa, un hidrato de sal, tal como $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, que tiene un punto de fusión de aproximadamente 58 Celsius, y un calor latente de 226/265 kJ/kg.

Pueden utilizarse espumas metálicas, por ejemplo de aluminio, aleaciones de aluminio o cobre, para mejorar las propiedades de transferencia de calor del material de almacenamiento térmico, especialmente cuando se utiliza cera de parafina como material de almacenamiento térmico.

45 La expansión térmica de los materiales de cambio de fase de cera de parafina en el cambio de fase de sólido a líquido es de aproximadamente el 10 % en volumen. Es deseable proporcionar alguna forma de compensación para este cambio de volumen para evitar imponer tensiones mecánicas significativas en la estructura del intercambiador de calor. Una forma posible de proporcionar dicha compensación es incluir dentro del cuerpo del material de cambio de fase inclusiones que sean reversiblemente comprimibles. Esto se ilustra esquemáticamente en la Figura 4, donde las inclusiones 20 están distribuidas en toda la masa de material de cambio de fase. Se apreciará que la Figura 4 se ha simplificado, para facilitar su comprensión, al omitir cualquier tubería o elemento de transferencia de calor asociado con los circuitos de entrada y salida. Estas inclusiones podrían ser, por ejemplo, un material sólido elásticamente comprimible como el caucho esponjoso (ya sea natural o sintético). Como alternativa, las inclusiones podrían ser cuerpos huecos cerrados con una presión interna lo suficientemente baja como para permitir que sean comprimidos por el aumento de presión causado por la licuefacción del material de cambio de fase. De este modo, el recinto incluye una pluralidad de cuerpos resilientes que están configurados para: reducirse en volumen en respuesta a un aumento de presión causado por la licuefacción de la fase; y expandirse nuevamente en respuesta a una reducción de presión causada por la solidificación del material de cambio de fase.

60 Estas inclusiones podrían mantenerse en su lugar mediante la estructura de la matriz del intercambiador de calor, es decir, la disposición de las tuberías y protuberancias de transferencia de calor, etcétera. Pero en la práctica puede resultar difícil garantizar que las inclusiones no se agrupen, se agreguen, suban a la superficie o caigan al fondo de la masa de material de cambio de fase. Una forma de evitar esto y garantizar que las inclusiones 20 permanezcan en su lugar sería asegurar las inclusiones a una estructura de soporte fija 44, tal como una red o un marco, como se indica esquemáticamente en la Figura 5. De este modo, los cuerpos resilientes están acoplados a una matriz o estructura reticular 44 que sirve para restringir el desplazamiento de los cuerpos resilientes.

70 Hasta ahora, el almacén de energía térmica se ha descrito en gran medida como si tuviera una sola masa de material de cambio de fase dentro de un intercambiador de calor que tiene circuitos de entrada y salida, cada uno en forma de una o más serpentines o bucles. Pero también puede ser beneficioso en términos de velocidad de

ES 3 015 759 T3

transferencia de calor, por ejemplo, encapsular el material de cambio de fase en una pluralidad de cuerpos sellados, por ejemplo en cilindros de metal (por ejemplo, cobre o aleación de cobre) (u otras formas alargadas), que están rodeados por un líquido de transferencia de calor del cual el circuito de salida (que se utiliza preferiblemente para proporcionar agua caliente para un sistema de agua caliente (doméstico)) extrae calor.

5 Con dicha configuración, el líquido de transferencia de calor puede estar sellado en el intercambiador de calor o, más preferiblemente, el líquido de transferencia de calor puede fluir a través del almacén de energía y puede ser el líquido de transferencia de calor que transfiere calor desde la fuente de energía verde (por ejemplo, una bomba de calor) sin el uso de un serpentín de transferencia de calor de entrada en el almacén de energía. De esta manera, el circuito de entrada puede estar provisto simplemente de una (o más generalmente múltiples) entradas y una o más salidas, de modo que el líquido de transferencia de calor pase libremente a través del intercambiador de calor, sin estar confinado por un serpentín u otro conducto regular, transfiriendo el líquido de transferencia de calor hacia o desde el PCM encapsulado y luego al circuito de salida (y por lo tanto al agua en el circuito de salida). De esta manera, el circuito de entrada está definido por una o más entradas y una o más salidas para el líquido de transferencia de calor, y las rutas de forma libre que pasan por el PCM encapsulado y a través del almacén de energía.

10 Preferiblemente, el PCM está encapsulado en múltiples tubos alargados de extremos cerrados dispuestos en una o más disposiciones espaciadas (tales como filas escalonadas de tubos, comprendiendo cada fila una pluralidad de tubos espaciados) con el fluido de transferencia de calor preferiblemente dispuesto para fluir lateralmente (o transversalmente a la longitud del tubo u otro recinto encapsulante) sobre los tubos, ya sea en ruta desde las entradas a las salidas o, si se utiliza un serpentín de entrada, según lo indiquen uno o más impulsores provistos dentro del almacén de energía térmica.

Opcionalmente, el circuito de salida puede estar dispuesto para estar en la parte superior del almacén de energía y posicionado sobre y por encima del PCM encapsulado, cuyos contenedores pueden estar dispuestos horizontalmente y ya sea por encima de un bucle o serpentín de entrada (de modo que la convección favorezca la transferencia de energía hacia arriba a través del almacén de energía) o con la dirección de entrada del líquido de transferencia de calor entrante contra el PCM encapsulado y opcionalmente hacia el circuito de salida anterior. Si se utilizan uno o más impulsores, es preferible que el impulsor o cada impulsor esté acoplado magnéticamente a un motor montado externamente, de modo que no se comprometa la integridad del recinto del acumulador de energía.

25 Opcionalmente, el PCM puede estar encapsulado en tubos alargados, típicamente de sección transversal circular, con diámetros externos nominales en el rango de 20 a 67 mm, por ejemplo 22 mm, 28 mm, 35 mm, 42 mm, 54 mm o 67 mm, y típicamente estos tubos estarán formados de un cobre adecuado para uso en fontanería. Preferiblemente, los tubos tienen entre 22 mm y 54 mm, por ejemplo entre 28 mm y 42 mm de diámetro externo.

30 El líquido de transferencia de calor es preferiblemente agua o un líquido a base de agua, tal como agua mezclada con uno o más de un aditivo de flujo, un inhibidor de corrosión, un anticongelante, un biocida, y puede, por ejemplo, comprender un inhibidor del tipo diseñado para su uso en sistemas de calefacción central, tal como Sentinel X100 o Fernox F1 (ambos RTM), adecuadamente diluidos en agua.

40 Por lo tanto, a lo largo de la descripción y las reivindicaciones de la presente solicitud, la expresión circuito de entrada debe interpretarse, a menos que el contexto requiera claramente lo contrario, como que incluye una disposición como la que se acaba de describir y en la que la trayectoria del flujo de líquido desde la entrada del circuito de entrada hasta su salida no está definida por un conducto regular sino que implica que el líquido fluye sustancialmente libremente dentro del recinto del acumulador de energía.

45 El PCM puede estar encapsulado en una pluralidad de cilindros alargados de sección transversal circular o generalmente circular, estando dispuestos los cilindros preferiblemente espaciados entre sí en una o más filas. Preferiblemente, los cilindros en filas adyacentes están desplazados entre sí para facilitar la transferencia de calor desde y hacia el líquido de transferencia de calor. Opcionalmente, se proporciona una disposición de entrada en la que el líquido de transferencia de calor se introduce en el espacio alrededor de los cuerpos encapsulantes mediante uno o más puertos de entrada que pueden tener la forma de una pluralidad de boquillas de entrada, que dirigen el líquido de transferencia de calor de entrada hacia y sobre los cuerpos encapsulantes alimentados por un colector de entrada. Los orificios de las boquillas en sus salidas pueden ser generalmente de sección circular o pueden ser alargados para producir un chorro o corriente de líquido que transfiera calor de manera más efectiva al PCM encapsulado. El colector puede alimentarse desde un solo extremo o desde extremos opuestos con el fin de aumentar el caudal y reducir la pérdida de presión.

50 El líquido de transferencia de calor puede bombearse al almacén de energía 12 como resultado de la acción de una bomba de la fuente de energía verde (por ejemplo, una bomba de calor o un sistema de agua caliente solar), o de otra bomba del sistema, o el almacén de energía térmica puede incluir su propia bomba. Después de salir del almacén de energía por una o más salidas del circuito de entrada, el líquido de transferencia de calor puede pasar directamente de nuevo a la fuente de energía (por ejemplo, la bomba de calor) o puede conmutarse, mediante el uso de una o más válvulas, para pasar primero a una instalación de calefacción (por ejemplo, calefacción por suelo radiante, radiadores o alguna otra forma de calefacción de espacios) antes de regresar a la fuente de energía verde.

60 Los cuerpos encapsulantes pueden disponerse horizontalmente con la serpentín del circuito de salida posicionada por encima y encima de los cuerpos encapsulantes. Se comprenderá que éste es sólo uno de los muchos arreglos y orientaciones posibles. La misma disposición podría igualmente posicionarse con los cuerpos encapsulantes dispuestos verticalmente.

70

Alternativamente, un acumulador de energía que utilice encapsulación PCM puede utilizar nuevamente cuerpos de encapsulación alargados cilíndricos como los descritos anteriormente, pero en este caso con un circuito de entrada en forma de conducto, por ejemplo en forma de serpentín. Los cuerpos de encapsulamiento pueden estar dispuestos con sus ejes largos dispuestos verticalmente y las serpentines de entrada 14 y salida 18 dispuestas a cada lado del almacén de energía 12. Pero nuevamente, esta disposición también podría usarse en una orientación alternativa, como con el circuito de entrada en la parte inferior y el circuito de salida en la parte superior, y los cuerpos de encapsulación con sus ejes largos dispuestos horizontalmente. Preferiblemente, uno o más impulsores están dispuestos dentro del almacén de energía 12 para impulsar el líquido de transferencia de energía desde alrededor de la serpentín de entrada 14 hacia los cuerpos de encapsulación. El impulsor o cada impulsor está acoplado preferiblemente a través de un sistema de accionamiento magnético a una unidad de accionamiento montada externamente (por ejemplo, un motor eléctrico) de modo que no es necesario perforar el recinto del almacén de energía 12 para aceptar un eje de accionamiento, reduciendo así el riesgo de fugas cuando dichos ejes ingresan al recinto.

En virtud del hecho de que el PCM está encapsulado, se hace fácilmente posible construir un almacén de energía que utiliza más de un material de cambio de fase para el almacenamiento de energía, y en particular permite la creación de una unidad de almacenamiento de energía en la que se pueden combinar PCM con diferentes temperaturas de transición (por ejemplo, de fusión), ampliando así la temperatura de funcionamiento del almacén de energía.

Se apreciará que en realizaciones del tipo recién descrito, el almacén de energía 12 contiene uno o más materiales de cambio de fase para almacenar energía como calor latente en combinación con un líquido de transferencia de calor (tal como agua o una solución de agua/inhibidor).

Una pluralidad de cuerpos resilientes que están configurados para reducirse en volumen en respuesta a un aumento de presión causado por un cambio de fase del material de cambio de fase y para expandirse nuevamente en respuesta a una reducción de presión causada por un cambio de fase inverso del material de cambio de fase se proporcionan preferiblemente con el material de cambio de fase dentro de los cuerpos de encapsulación (también pueden utilizarse en bancos de energía que usan PCM "a granel" como se describe en otra parte de esta especificación).

Un enfoque alternativo para gestionar el problema de la expansión del material de cambio de fase en su transición de líquido a sólido se ilustra esquemáticamente en la Figura 6. Esta muestra una porción del recinto del intercambiador de calor que está provisto de una formación de concertina 11 para acomodar reversiblemente la expansión y contracción del material de cambio de fase a medida que el material de cambio de fase pasa de una forma líquida a una forma sólida y viceversa. Tal formación podría construirse en las paredes del recinto del intercambiador de calor en un extremo. Es evidente que al diseñar un intercambiador de calor con dicha zona de expansión, debe tenerse cuidado de no imponer tensiones ni esfuerzos indeseables en los conductos que forman los circuitos de entrada y salida, y también en las conexiones que interactúan con los circuitos. Generalmente, esto significará que la zona de expansión 11, a la que para facilitar la descripción nos referimos aquí como una formación de concertina, se proporciona en la región del recinto más allá de cualquier punto de unión a los conductos de los circuitos de entrada y salida y sus interconexiones. Opcionalmente, como se muestra en la figura, en la expansión y contracción del recinto del intercambiador de calor puede utilizarse para proporcionar información sobre el estado del material de cambio de fase al procesador del sistema proporcionando alguna forma de transductor de desplazamiento 13 que está acoplado al procesador.

Una forma alternativa de monitorear el estado del material de cambio de fase, en función de su presión interna, se ilustra esquemáticamente en la Figura 7. Esta imagen muestra un cuerpo comprimible 60 dentro de la masa de material de cambio de fase, teniendo el cuerpo comprimible 60 un volumen interior, que contiene un gas o líquido, estando acoplado el volumen interior a un transductor de presión 62 (ubicado preferiblemente fuera del volumen interior del recinto del intercambiador de calor). El transductor de presión 62 está acoplado al procesador de la unidad de interfaz. El procesador de la unidad de interfaz recibe así la señal relativa al grado de solidificación/licuación del material de cambio de fase, lo que proporciona información sobre la cantidad de almacenamiento de energía del material de cambio de fase. El cuerpo comprimible podría estar hecho de un material polimérico como caucho natural o sintético, o material plástico. Preferiblemente en este caso el cuerpo comprimible se llena con un líquido adecuado que permanecerá líquido durante todo el rango de temperatura de funcionamiento del intercambiador de calor, ya que esto reduce el riesgo de que el fluido del interior del cuerpo comprimible se escape con el tiempo. Como alternativa, puede utilizarse un cuerpo metálico con un relleno líquido o gaseoso, para reducir la probabilidad de que el fluido se escape del interior del cuerpo comprimible. El procesador de la unidad de interfaz se puede programar durante la fabricación, o posteriormente, basándose en el análisis empírico de prototipos, de modo que el grado de solidificación (más generalmente, el estado) del material de cambio de fase se puede asignar a señales de presión del transductor de presión 62. Por ejemplo, los prototipos de preproducción pueden estar equipados con un panel lateral de vidrio para que el estado del material de cambio de fase pueda determinarse por inspección/análisis, y el estado pueda mapearse contra las señales de presión del transductor de presión 62; el conocimiento del calor latente de fusión del material de cambio de fase que se está utilizando permitirá calcular la cantidad de calor latente almacenado en el intercambiador de calor para cada presión medida. Los datos obtenidos de esta manera se pueden utilizar luego para programar los procesadores para la unidad de interfaz de producción y para informar a los algoritmos de aprendizaje automático en este y potencialmente otros procesadores del sistema. También sería posible combinar las ideas representadas en las figuras 6 y 7, basándose por ejemplo en pruebas empíricas de prototipos de preproducción.

ES 3 015 759 T3

Otro método para monitorear el estado del material de cambio de fase que podría proporcionarse como alternativa a los métodos descritos anteriormente, o además de uno o más de estos, sería proporcionar una o más fuentes ópticas para emitir radiación óptica hacia el cuerpo del material de cambio de fase para detección de fraude mediante uno o más sensores ópticos ubicados apropiadamente (una disposición de detección óptica). La una o más fuentes ópticas podrían operar en una sola longitud de onda o rango de longitudes de onda (es decir, en efecto, un solo color), o podrían operar en dos o más longitudes de onda espaciadas (es decir, colores diferentes). La radiación podría estar en las regiones visible o infrarroja del espectro, o en ambas en el caso de que se utilicen múltiples colores de luz. La fuente óptica podría ser una fuente de luz incoherente, como un LED, o podría ser un láser, por ejemplo un láser LED. La fuente óptica podría ser un solo diodo emisor de luz roja, verde y azul. El dispositivo de detección óptica se puede acoplar a un procesador (por ejemplo, el procesador de la unidad de interfaz) que está configurado para estimar una cantidad de energía almacenada en el material de cambio de fase basándose en la información recibida del dispositivo de detección óptica.

Otro método para monitorear el estado del material de cambio de fase que podría proporcionarse como una alternativa a los métodos descritos anteriormente, o además de uno o más de estos, sería proporcionar una fuente acústica configurada para lanzar sonido al material de cambio de fase dentro del intercambiador de calor, y un dispositivo de detección acústica para detectar el sonido lanzado desde la fuente acústica después de que el sonido haya pasado a través del material de cambio de fase. Preferiblemente, la fuente acústica está configurada para producir ultrasonidos.

Como se apreciará, la divulgación proporciona una instalación que comprende un sistema de agua caliente en el interior de un edificio que incluye una unidad de interfaz como la descrita en cualquier alternativa anterior, estando acoplado el circuito del lado de entrada del intercambiador de calor a una bomba de calor, y estando acoplado el circuito del lado de salida del intercambiador de calor al sistema de agua caliente en el interior de un edificio. Preferentemente, en una instalación de este tipo, un circuito de calefacción interior está acoplado al circuito del lado de entrada del intercambiador de calor y de la bomba de calor. Opcionalmente, como se muestra en la Figura 8, dicho circuito de calefacción interior 702 incluye al menos un sensor de presión 700 acoplado a un procesador 704 de la instalación, estando configurado el procesador 704 para monitorizar la presión del circuito de calefacción interior 702 y para marcar una alerta en el caso de que la presión caiga fuera de un rango predeterminado, por ejemplo debido a una falla de un vaso de expansión. La detección de presión también puede advertir de una sobrepresión, que puede surgir debido a un fallo de una válvula de alivio de presión en combinación con un exceso de suministro de energía.

La divulgación también proporciona una instalación que comprende un sistema de agua caliente en el interior de un edificio que incluye una unidad de interfaz como se describe en cualquier alternativa anterior, estando acoplado el circuito del lado de entrada del intercambiador de calor a una bomba de calor (preferiblemente una bomba de calor de fuente de aire), estando acoplado el circuito del lado de salida del intercambiador de calor al sistema de agua caliente en el interior del edificio que tiene un sensor de flujo y un sensor de temperatura, un calentador eléctrico configurado para calentar agua para el sistema de agua caliente aguas abajo del circuito del lado de salida del intercambiador de calor, y un procesador acoplado operativamente a la bomba de calor, al sensor de flujo, al sensor de temperatura y al calentador eléctrico, en donde el procesador está provisto de lógica para gestionar el uso del calentador eléctrico, la bomba de calor y la energía del material de cambio de fase para reducir el consumo de energía.

La divulgación proporciona además una instalación que comprende un sistema de agua caliente en el interior de un edificio que incluye una unidad de interfaz como se describe en cualquier alternativa anterior, estando acoplado el circuito del lado de entrada del intercambiador de calor a una bomba de calor, estando acoplado el circuito del lado de salida del intercambiador de calor al sistema de agua caliente en el interior del edificio que tiene un sensor de flujo y un sensor de temperatura, un calentador eléctrico configurado para calentar agua para el sistema de agua caliente aguas abajo del circuito del lado de salida del intercambiador de calor, y un procesador acoplado operativamente a la bomba de calor, el sensor de flujo, el sensor de temperatura y el calentador eléctrico, en donde el procesador está provisto de lógica para gestionar la instalación para proporcionar un flujo de agua caliente que requiere una entrada de energía mayor que la energía de la bomba de calor.

Cualquiera de estas instalaciones puede comprender además uno o más intercambiadores de calor adicionales, comprendiendo el intercambiador de calor adicional o cada intercambiador de calor adicional un recinto, y dentro del recinto: un circuito del lado de entrada acoplado a la bomba de calor; un circuito del lado de salida acoplado al sistema de agua caliente del edificio; y un material de cambio de fase para el almacenamiento de energía. Opcionalmente, la instalación puede comprender además un sensor de presión en un suministro de agua fría al sistema de agua caliente del edificio, y un procesador acoplado al sensor de presión, estando configurado el procesador para generar una advertencia en caso de que se detecte una pérdida de presión. Opcionalmente, el procesador está configurado para generar una advertencia solo en caso de que la pérdida de presión continúe durante más de un tiempo umbral. Opcionalmente, la instalación comprende además un sensor de flujo en un suministro de agua fría al sistema de agua caliente del edificio, estando acoplado el sensor de flujo al procesador. Opcionalmente, el procesador está configurado para utilizar información tanto del sensor de presión como del sensor de flujo para generar la advertencia.

La divulgación también proporciona un método para reemplazar una caldera combinada a gas que está conectada a un sistema de agua caliente en el interior del edificio, comprendiendo el método: retirar la caldera combinada a gas para crear un espacio de instalación; instalar una unidad de interfaz como se describe en cualquier alternativa anterior en el espacio de instalación; acoplar el circuito del lado de salida del intercambiador de calor al agua caliente en el interior del edificio; y acoplar el circuito del lado de entrada del intercambiador de calor a la bomba

ES 3 015 759 T3

de calor, de modo que el agua para el sistema de agua caliente en el interior del edificio pueda ser calentada por el material de cambio de fase de calor y/o la bomba de calor. Preferiblemente, este método comprende además acoplar el circuito del lado de entrada del intercambiador de calor a un sistema de calefacción de espacios dentro del edificio. Preferiblemente, el método comprende además conectar operativamente un procesador de la unidad de interfaz a un controlador de la bomba de calor, para permitir que el procesador controle aspectos del comportamiento de la bomba de calor.

La presente solicitud contiene una serie de aspectos y realizaciones evidentemente interrelacionados, generalmente basados en un conjunto común de problemas, aunque muchos aspectos tienen una aplicabilidad más amplia. En particular, los métodos lógicos y de control, aunque no necesariamente *limitado* para operar con el hardware descrito y pueden aplicarse de manera más amplia, son todos particularmente adecuados para trabajar con el hardware de los diversos aspectos del hardware y las variantes preferidas del mismo. El experto en la materia apreciará que ciertos aspectos se relacionan con casos específicos de otras características y que las características preferidas descritas o reivindicadas en aspectos particulares pueden aplicarse a otros, siempre que estén dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

La divulgación se volvería inmanejablemente larga si se hiciera mención explícita en cada punto de la interoperabilidad y se espera que el experto en la materia comprenda, y por la presente se le instruye explícitamente que comprenda, que las características preferidas de cualquier aspecto se pueden aplicar a cualquier otro a menos que se indique explícitamente lo contrario o sea manifiestamente inapropiado a partir del contexto. Nuevamente, con el fin de evitar la repetición, muchos aspectos y conceptos pueden describirse solo en forma de método o en forma de hardware, pero el aparato o programa informático o lógica correspondiente también debe tomarse como desvelado en el caso de un método o el método de operación del hardware en el caso de una discusión de un aparato. Como ejemplo de lo que se quiere decir con lo anterior, hay una serie de características tanto de hardware como de software relacionadas con la combinación de una bomba de calor basada en fluido (normalmente una fuente de aire) y un material de cambio de fase y un elemento de calentamiento eléctrico suplementario y control mediante un procesador (dentro de la unidad o de forma remota o ambos). Aunque esta es la aplicación preferida, la mayoría de los métodos y hardware son aplicables de manera más general a otras bombas de calor (termoeléctricas y de fuente terrestre) y a otras fuentes de energía renovable (una bomba para un conjunto solar, por ejemplo) y a calefacción complementaria alternativa (incluyendo la disposición menos preferida de un calentador de combustión, como una caldera de gas, o incluso una bomba de calor de COP más bajo y temperatura más alta menos eficiente) y almacenamiento térmico alternativo, incluyendo conjuntos de almacenamiento térmico de múltiples temperaturas. Además, los aspectos que proporcionan disposiciones particulares para cualquiera de los componentes o su interacción pueden utilizarse libremente con aspectos que se centran en elementos alternativos del sistema.

ES 3 015 759 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un dispositivo de almacenamiento de energía que incluye un intercambiador de calor, comprendiendo el dispositivo de almacenamiento de energía un recinto, y dentro del recinto:
- 10 un circuito del lado de entrada del intercambiador de calor para la conexión a una fuente de energía; un circuito del lado de salida del intercambiador de calor para la conexión a un sumidero de energía; y un medio de almacenamiento térmico para el almacenamiento de energía; en donde los circuitos del lado de entrada y del lado de salida dentro del recinto están definidos por cuerpos tubulares (20), extendiéndose las protuberancias alargadas (22) dentro del medio de almacenamiento térmico desde cada uno de los cuerpos tubulares, teniendo las protuberancias alargadas (22) mayor conductividad térmica que el medio de almacenamiento térmico;
- 15 **caracterizado porque** las protuberancias alargadas (22) forman juntas una o más mallas.
2. El dispositivo de almacenamiento de energía, según la reivindicación 1, en donde las protuberancias alargadas están en forma de palas.
- 20 3. El dispositivo de almacenamiento de energía, según la reivindicación 1, en donde las protuberancias alargadas tienen forma filamentosas, preferiblemente en donde las protuberancias alargadas tienen forma de cables.
- 25 4. El dispositivo de almacenamiento de energía, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las protuberancias alargadas comprenden cobre o una aleación de cobre, preferiblemente en donde cada protuberancia alargada está soldada al cuerpo tubular desde el que se extiende.
5. El dispositivo de almacenamiento de energía, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde las protuberancias alargadas comprenden fibra de carbono.
- 30 6. El dispositivo de almacenamiento de energía, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el medio de almacenamiento térmico comprende material de cambio de fase.
7. El dispositivo de almacenamiento de energía, según la reivindicación 5, en donde el material de cambio de fase comprende una o más ceras de parafina, o en donde el material de cambio de fase comprende un hidrato de sal.
- 35 8. El dispositivo de almacenamiento de energía, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el recinto es un cuboide generalmente rectangular definido por un primer lado que tiene una longitud entre 300 mm y 600 mm, un segundo lado que tiene una longitud entre 300 mm y 600 mm, y un tercer lado que tiene una longitud entre 150 mm y 350 mm, y/o en donde el recinto está contenido dentro de una camisa térmicamente aislante.
- 40 9. El dispositivo de almacenamiento de energía, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un calentador eléctrico dentro del recinto.
- 45 10. El dispositivo de almacenamiento de energía, según una cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, en donde una porción del recinto está provista de una formación de concertina para acomodar de forma reversible la expansión y la contracción del material de cambio de fase a medida que el material de cambio de fase pasa de una forma sólida a una forma líquida y viceversa, comprendiendo además preferiblemente un transductor de desplazamiento acoplado al recinto, estando configurado el transductor de desplazamiento para proporcionar una medición relacionada con la extensión o la contracción de la formación de concertina.
- 50 11. El dispositivo de almacenamiento de energía, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que se proporciona una disposición de detección para proporcionar una medición de la presión dentro del recinto.
- 55 12. El dispositivo de almacenamiento de energía, según la reivindicación 11, que comprende además un procesador configurado para estimar un contenido de energía del medio de almacenamiento térmico en función de la medición.
- 60 13. El dispositivo de almacenamiento de energía, según una cualquiera de las reivindicaciones 5, 6 o 10, en donde el material de cambio de fase dentro del recinto incluye una pluralidad de cuerpos resilientes que están configurados para:
- 65 reducirse en volumen como respuesta a un aumento de presión causado por licuefacción de la fase; y expandirse de nuevo como respuesta a una reducción de la presión provocada por solidificación del material de cambio de fase, preferiblemente en donde los cuerpos resilientes están acoplados a una matriz o estructura reticular que sirve para restringir el desplazamiento de los cuerpos resilientes.
- 70 14. Una instalación que comprende un sistema de agua caliente en el interior de un edificio que incluye un dispositivo de almacenamiento de energía (210), según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, estando acoplado el circuito del lado de entrada (214) del intercambiador de calor a una bomba de calor (216), y estando acoplado el circuito del lado de salida (218) del intercambiador de calor al sistema de agua caliente en el interior de un edificio (220, 222).

ES 3 015 759 T3

15. Una instalación, según la reivindicación 14, en donde un circuito de calefacción interior está acoplado al circuito del lado de entrada del intercambiador de calor y la bomba de calor.

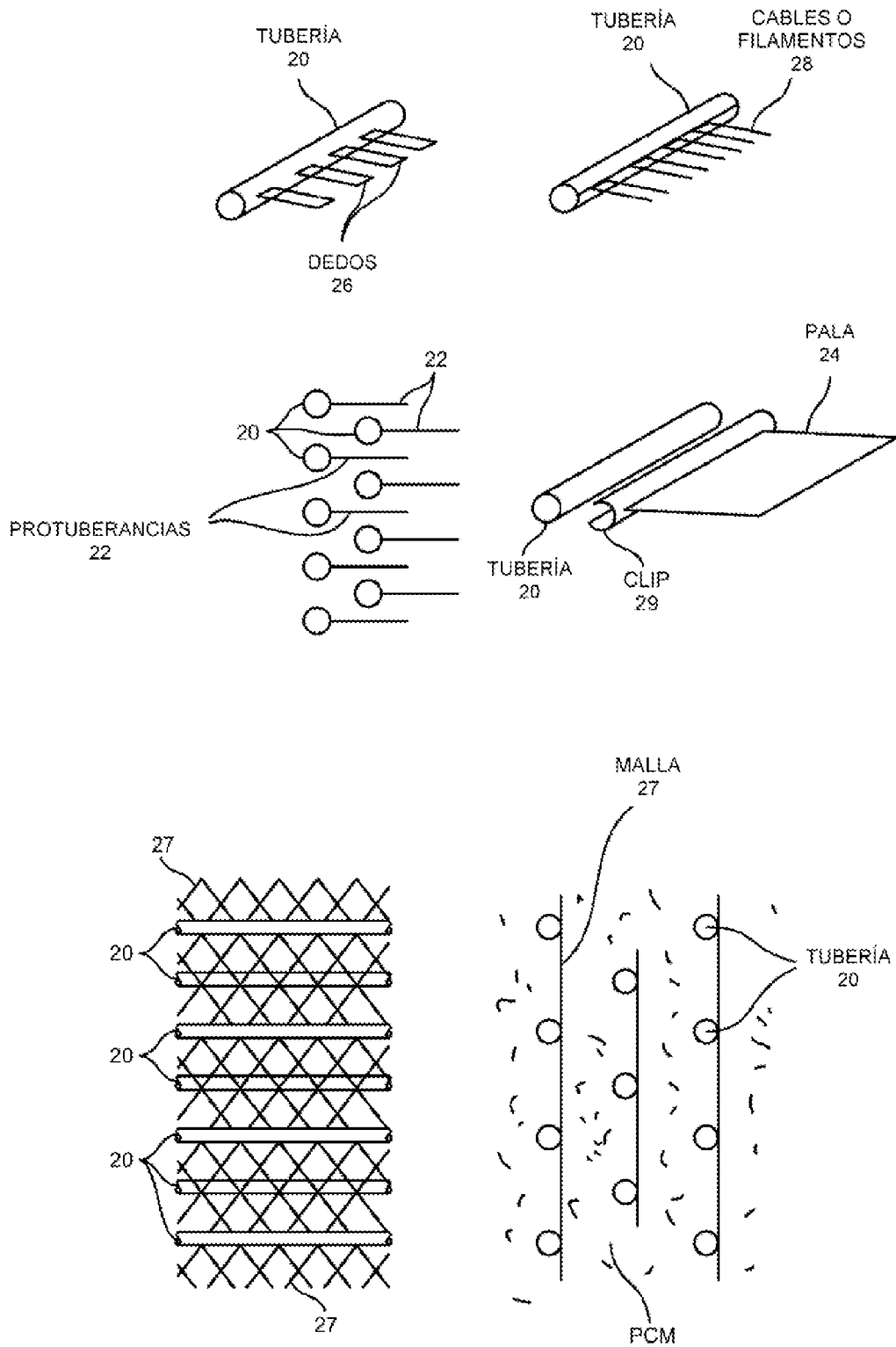


Figura 1

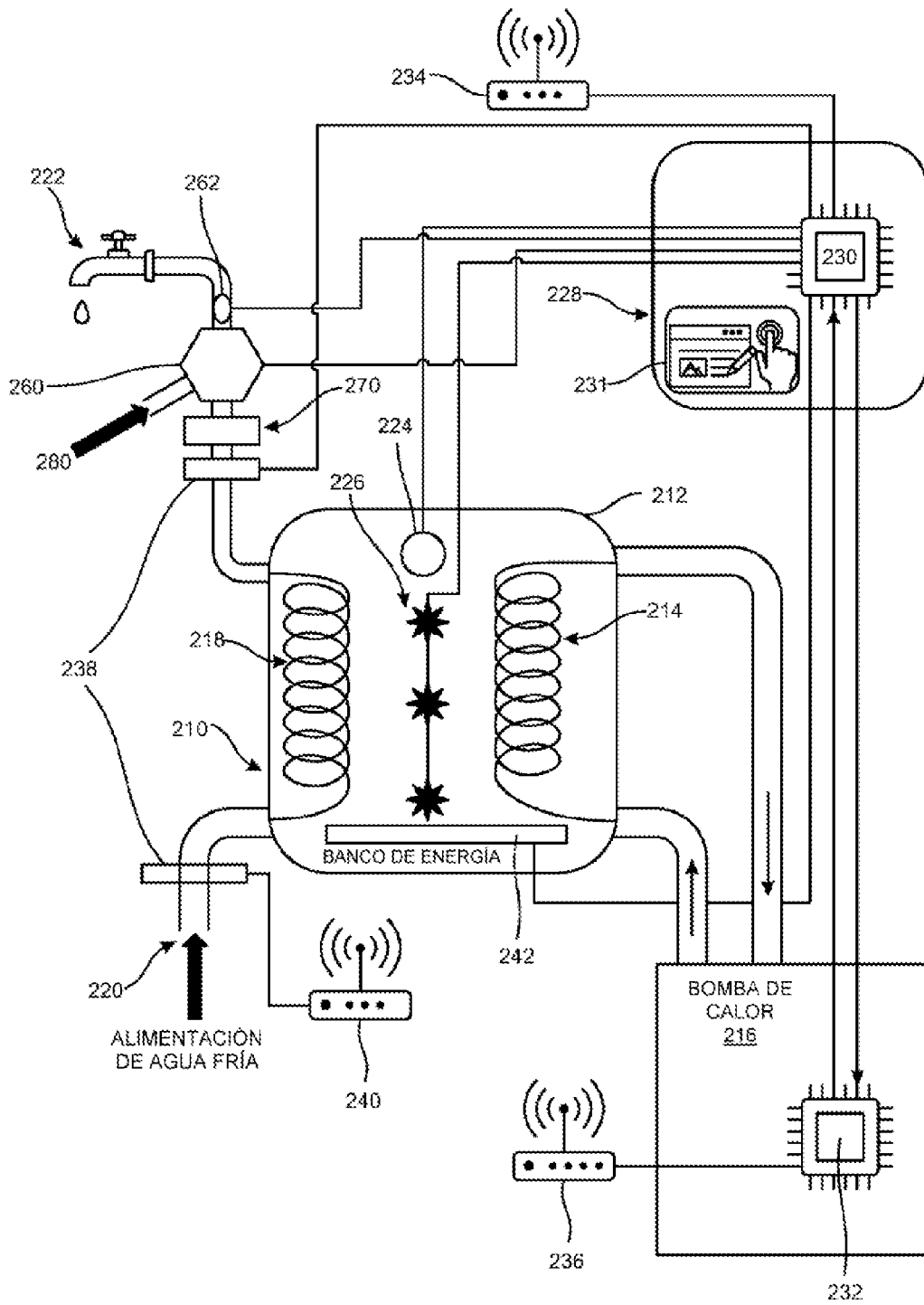


Figura 2

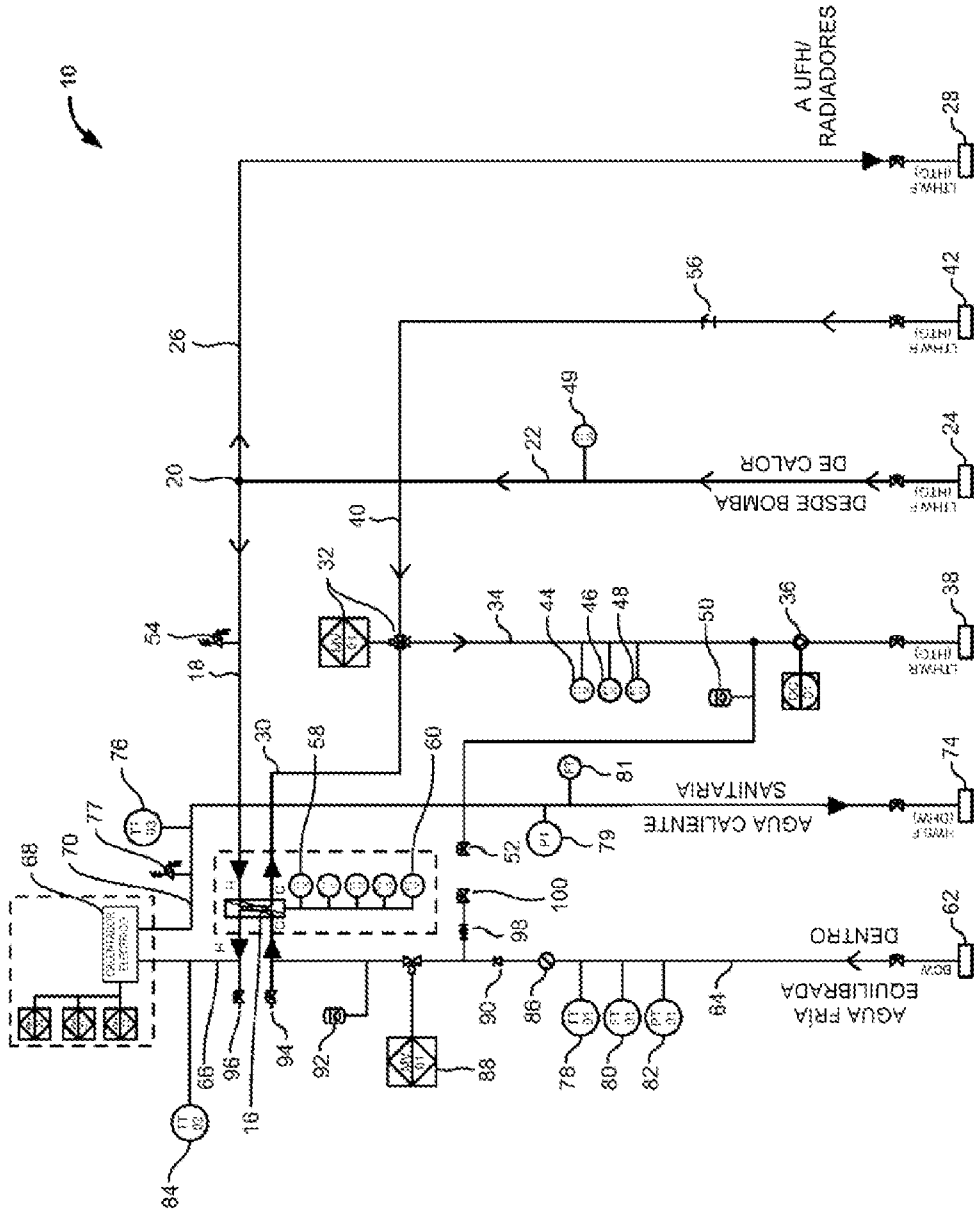


Figura 3

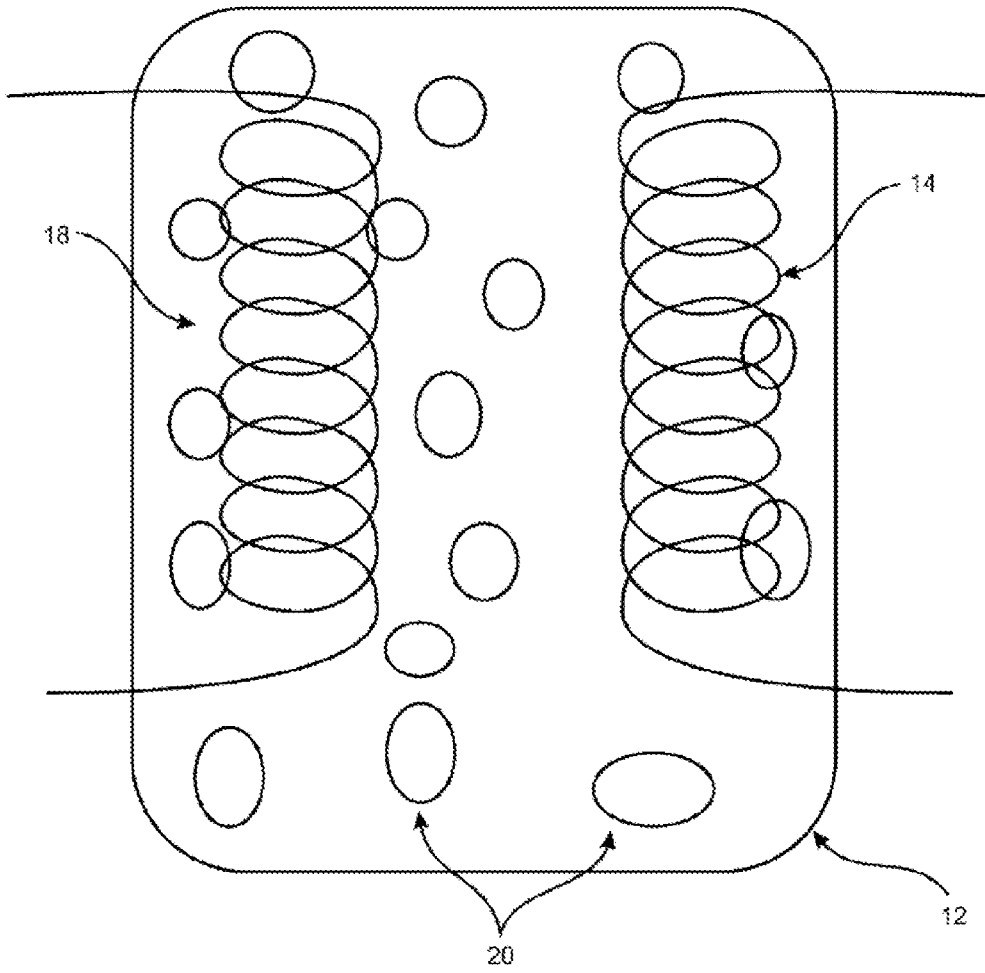


Figura 4

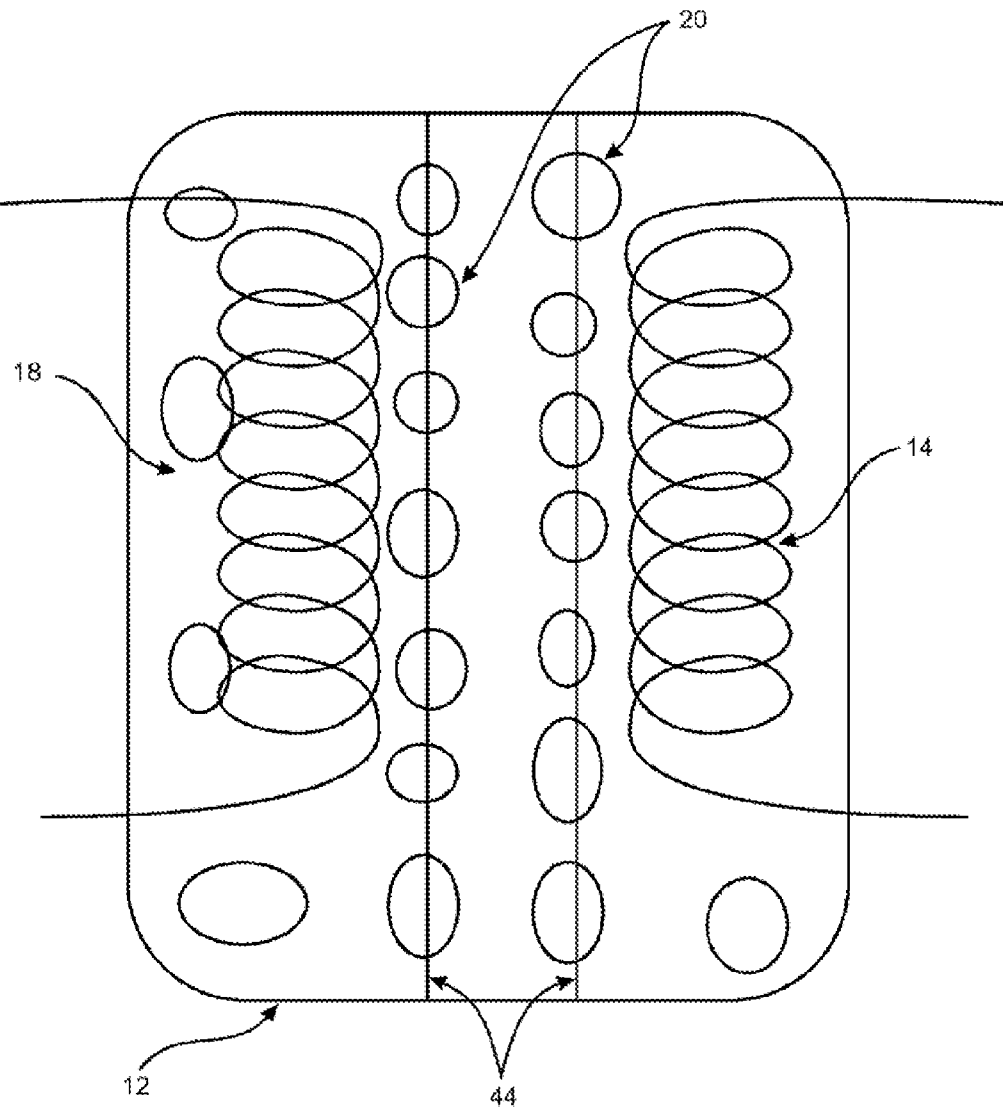


Figura 5

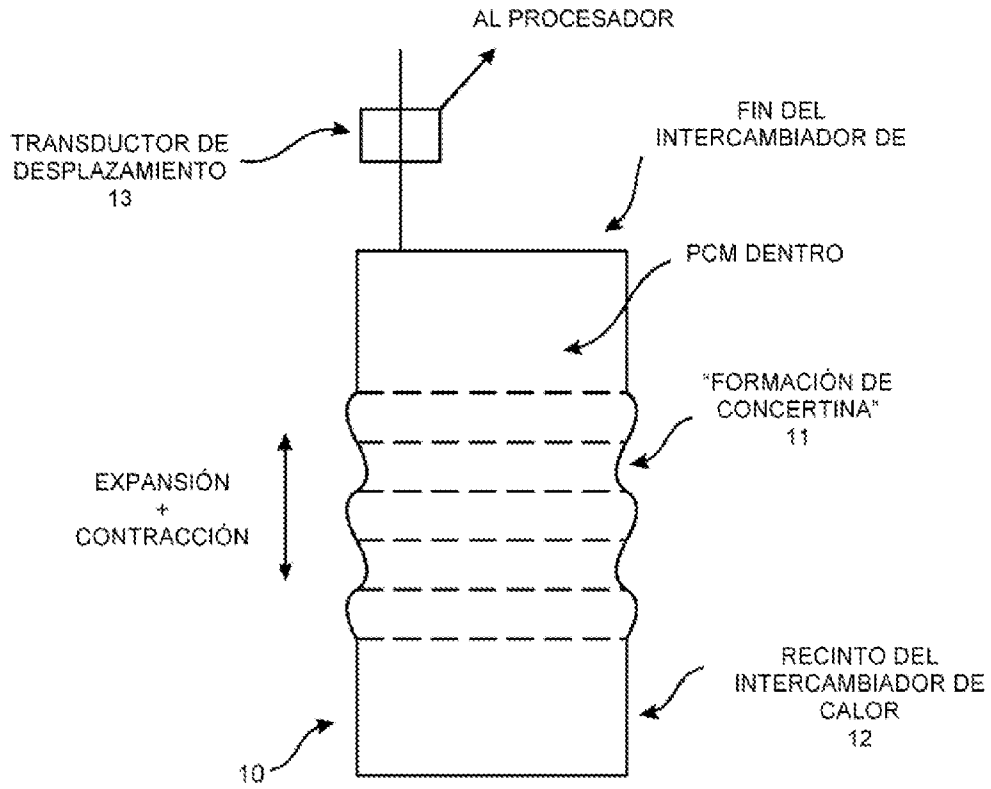
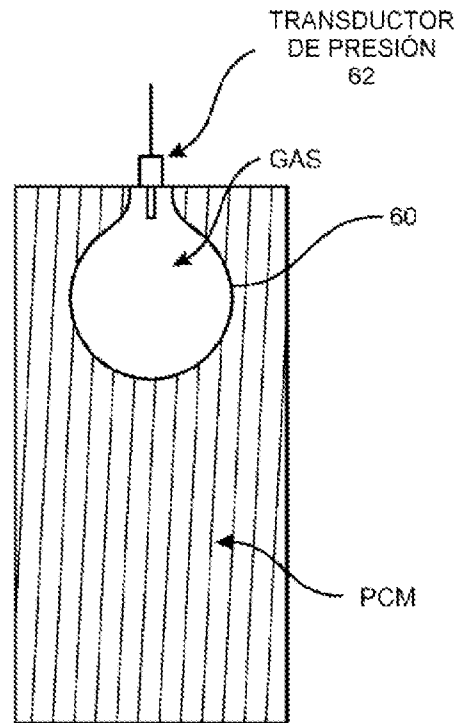


Figura 6



E G. DENSIDAD PCM
LÍQUIDO 0,82 g/ml
SÓLIDO 0,90 g/ml

Figura 7

- ① DETECCIÓN DE FUGAS
- ② FALLA DEL VASO DE EXPANSIÓN

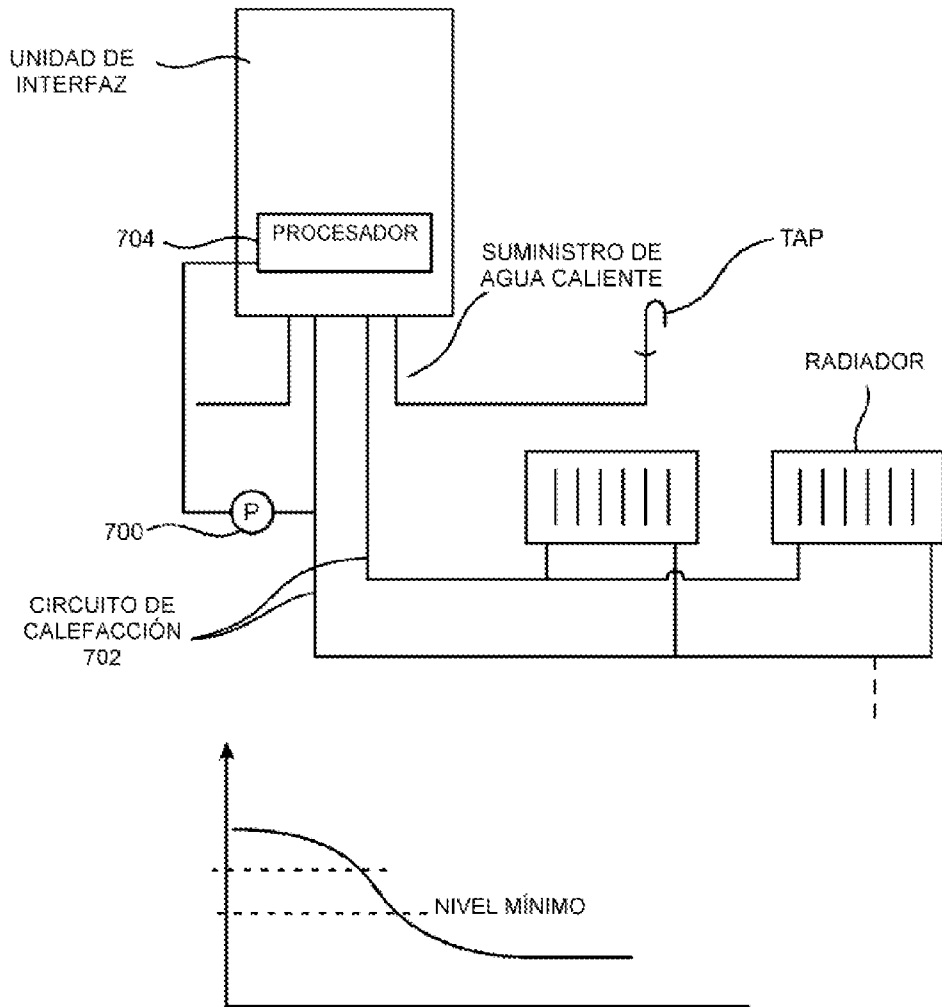


Figura 8