

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 309**

51 Int. Cl.:

F25B 9/00 (2006.01)

F25B 1/10 (2006.01)

F25B 6/00 (2006.01)

F25B 5/00 (2006.01)

F25B 41/20 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.07.2016 PCT/US2016/044164**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.02.2017 WO17023632**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2016 E 16833538 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2024 EP 3341662**

54 Título: **Sistema de refrigeración por CO₂ con intercambio de calor por CO₂ directo**

30 Prioridad:

03.08.2015 US 201562200496 P

25.01.2016 US 201662286625 P

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

22.10.2024

73 Titular/es:

HILL PHOENIX INC. (100.0%)

2016 Gees Mill Road

Conyers, GA 30013, US

72 Inventor/es:

CHRISTENSEN, KIM;

HALLETT, PAUL y

MILLS, TONY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 983 309 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de refrigeración por CO₂ con intercambio de calor por CO₂ directo

Antecedentes

Esta sección está destinada a proporcionar antecedentes o contexto a la invención expuesta en las reivindicaciones. La descripción en el presente documento puede incluir conceptos que podrían ser reivindicados pero no son necesariamente los que se han concebido o reivindicado anteriormente. Por lo tanto, a menos que se indique lo contrario en el presente documento, lo que se describe en esta sección no es técnica anterior a la descripción y reivindicaciones en esta solicitud y no se admite que sea técnica anterior mediante la inclusión en esta sección.

La presente descripción se refiere de manera general a un sistema de refrigeración que usa principalmente dióxido de carbono (es decir, CO₂) como refrigerante. La presente descripción se refiere más particularmente a un sistema de refrigeración por CO₂ con un subsistema de intercambio de calor mediante CO₂ directo para calentar y/o enfriar un edificio o una zona de un edificio.

Los sistemas de refrigeración se usan a menudo para proporcionar enfriamiento a dispositivos de visualización de temperatura controlada (por ejemplo, cajas, exhibidores, etc.) en supermercados y en otras instalaciones similares. Los sistemas de refrigeración por compresión de vapor son un tipo de sistema de refrigeración que proporciona tal enfriamiento haciendo circular un refrigerante fluido (por ejemplo, un líquido y/o un vapor) a través de un ciclo termodinámico de compresión de vapor. En un ciclo de compresión de vapor, el refrigerante típicamente (1) se comprime hasta un estado de alta temperatura y alta presión (por ejemplo, mediante un compresor del sistema de refrigeración), (2) se enfría/condensa hasta un estado de temperatura más baja (por ejemplo, en un enfriador de gas o condensador que absorbe calor del refrigerante), (3) se expande hasta una presión más baja (por ejemplo, a través de una válvula de expansión), y (4) se evapora para proporcionar enfriamiento absorbiendo calor en el refrigerante.

Los sistemas de refrigeración por CO₂ son un tipo de sistema de refrigeración por compresión de vapor que usan CO₂ como refrigerante. Adaptar un sistema de refrigeración por CO₂ para que proporcione también calentamiento o enfriamiento para un espacio de un edificio es difícil y complicado. Típicamente, el sistema de refrigeración por CO₂ se usa para calentar o enfriar un fluido de transferencia de calor intermedio (por ejemplo, agua) que se hace circular en el edificio y se usa para proporcionar calentamiento o enfriamiento para el aire dentro del espacio del edificio.

El documento de patente WO 2014/179 442 (A1) describe sistemas y métodos para controlar la presión en un sistema de refrigeración por CO₂. El sistema de control de presión incluye un sensor de presión, una válvula de derivación (válvula de "bypass") de gas, un compresor en paralelo y un controlador. El sensor de presión se configura para medir la presión dentro del depósito receptor del sistema de refrigeración por CO₂. La válvula de derivación de gas está conectada mediante fluidos con una salida del depósito receptor y dispuesta en serie con un compresor del sistema de refrigeración por CO₂. El compresor en paralelo está conectado mediante fluidos con la salida del depósito receptor y dispuesto en paralelo tanto con la válvula de derivación de gas como con el compresor del sistema de refrigeración por CO₂. El controlador está configurado para recibir una medida de presión desde el sensor de presión y hacer funcionar tanto la válvula de derivación de gas como el compresor en paralelo, en respuesta a la medida de presión, para controlar la presión dentro del depósito receptor.

El documento de patente US 2004/255 602 (A1) describe un dispositivo de conmutación en un sistema de ciclo de refrigerante de compresión de vapor para conmutar uno entre un primer modo en el que el refrigerante a alta presión descargado desde un compresor se introduce directamente en un intercambiador de calor exterior y un segundo modo en el que el refrigerante a alta presión se introduce directamente en un intercambiador de calor interior. Cuando se establece el segundo modo, la presión del refrigerante de alta presión se fija a un valor mayor que una presión predeterminada mediante una válvula de control de presión constante.

El documento de patente US 2009/260 389 (A1) describe una unidad de refrigeración que comprende un circuito de refrigeración por CO₂ que tiene una etapa de compresión del CO₂ en la que se comprime refrigerante CO₂, una etapa de condensación del CO₂ que tiene un depósito en donde se acumula en estado líquido el refrigerante CO₂, al menos uno de los medios de presurización y una etapa de expansión para dirigir el CO₂ refrigerante desde la etapa de condensación del CO₂ a una etapa de evaporación del CO₂ en la cual el refrigerante CO₂ absorbe energía para refrigerar. El circuito de condensación tiene un segundo refrigerante que circula entre una segunda etapa de compresión, una segunda etapa de condensación, una segunda etapa de expansión y una segunda etapa de evaporación. Una unidad intercambiadora de calor mediante la cual el CO₂ refrigerante del circuito de refrigeración de CO₂ intercambia calor con el segundo refrigerante en la segunda etapa de evaporación de tal manera que el segundo refrigerante absorbe calor del refrigerante CO₂ para licuar al menos parcialmente el CO₂ refrigerante de la etapa de condensación del CO₂. Un circuito de descongelación que dirige el refrigerante CO₂ descongelado desde la etapa de compresión del CO₂ hasta la etapa de evaporación del CO₂ para descongelar al menos un evaporador de la etapa de evaporación del CO₂, siendo devuelto posteriormente el refrigerante CO₂ descongelado al circuito de refrigeración del CO₂.

El documento de patente WO 2015/111 379 (A1) describe una válvula reguladora de la presión de evaporación que se emplea en este dispositivo de ciclo de congelación en la que el grado de aumento en el área de paso de refrigerante con respecto al aumento en la cantidad de desplazamiento de un cuerpo de válvula cilíndrico es mayor que el grado de

aumento que se observaría en el caso de un aumento lineal en proporción a un aumento en la cantidad de desplazamiento; y la presión establecida es menor que la presión de evaporación objetivo. El funcionamiento del compresor se controla de tal manera que la presión de evaporación del refrigerante en el evaporador se aproxima a la presión de evaporación objetivo, cuyo valor es el más alto entre la presión establecida y la presión de evaporación objetivo.

El documento de patente US 2012/073 319 (A1) describe un sistema de refrigeración por CO₂ que comprende un depósito de condensación. El refrigerante CO₂ se acumula en el depósito. El refrigerante CO₂ circula entre los circuitos de supracompresión y de evaporación. El bucle de supracompresión comprende una etapa de compresión para comprimir el CO₂ refrigerante hasta un estado de supracompresión, una etapa de enfriamiento en la que el refrigerante CO₂ libera calor, y una unidad de regulación de presión en una línea que se extiende desde la etapa de enfriamiento hasta el depósito de condensación.

Sumario

De acuerdo con la presente divulgación, se proporciona un sistema de refrigeración por CO₂ según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes de la anterior se establecen características opcionales del sistema de refrigeración por CO₂.

En algunas realizaciones, la serie de líneas del sistema de refrigeración por CO₂ incluye una línea de refrigerante enfriado, en la que el enfriador/condensador de gas enfría el refrigerante CO₂ y descarga el refrigerante CO₂ enfriado en la línea de refrigerante enfriado. El subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo puede recibir el refrigerante CO₂ enfriado de la línea de refrigerante enfriado y suministrar el refrigerante CO₂ enfriado al intercambiador de calor a través de la línea configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del subsistema de refrigeración por CO₂ al intercambiador de calor del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo para proporcionar enfriamiento a la zona del edificio.

En algunas realizaciones, la línea configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del subsistema de refrigeración por CO₂ al intercambiador de calor del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo incluye una línea de admisión de refrigerante enfriado que conecta la línea de refrigerante enfriado con el intercambiador de calor y la válvula es una válvula de expansión situada a lo largo de la línea de admisión de refrigerante enfriado aguas arriba del intercambiador de calor.

En algunas realizaciones, el controlador determina la cantidad de sobrecalentamiento del refrigerante CO₂ enfriado y hace funcionar la válvula de expansión basándose en la cantidad determinada de sobrecalentamiento.

En algunas realizaciones, la serie de líneas del subsistema de refrigeración de CO₂ comprende una línea de refrigerante expandido y una válvula de alta presión que recibe el refrigerante CO₂ enfriado de la línea de refrigerante enfriado, expande el refrigerante CO₂ enfriado y descarga el refrigerante CO₂ expandido en la línea de refrigerante expandido. El controlador puede monitorizar una posición de la válvula de alta presión y hacer funcionar la válvula de expansión basándose en la posición de la válvula de alta presión.

En algunas realizaciones, la línea configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del intercambiador de calor del subsistema de intercambio de calor de CO₂ directo de vuelta al subsistema de refrigeración por CO₂ es una línea de descarga que recibe el refrigerante CO₂ del intercambiador de calor y descarga el refrigerante CO₂ en la línea de refrigerante expandido. En algunas realizaciones, el subsistema de refrigeración por CO₂ comprende además un receptor configurado para separar el refrigerante CO₂ expandido en refrigerante CO₂ líquido y refrigerante CO₂ gas, y la línea de refrigerante expandido conecta la válvula de alta presión al receptor.

En algunas realizaciones, la serie de líneas del subsistema de refrigeración por CO₂ comprende una línea de refrigerante comprimido caliente, en la que el compresor comprime el refrigerante CO₂ hasta un estado de alta temperatura y alta presión y descarga el refrigerante comprimido caliente en la línea de refrigerante comprimido caliente. El subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo puede recibir el refrigerante CO₂ comprimido caliente de la línea de refrigerante comprimido caliente y entregar el refrigerante CO₂ comprimido caliente al intercambiador de calor a través de la línea configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ desde el subsistema de refrigeración por CO₂ al intercambiador de calor del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo para proporcionar calentamiento a la zona del edificio.

En algunas realizaciones, la línea configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del subsistema de refrigeración por CO₂ al intercambiador de calor del subsistema de intercambio de calor de CO₂ directo es una línea de admisión de refrigerante caliente que recibe el refrigerante CO₂ comprimido caliente de la línea de refrigerante comprimido caliente y proporciona el refrigerante CO₂ comprimido caliente al intercambiador de calor. La línea configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del intercambiador de calor del subsistema de intercambio de calor de CO₂ directo de vuelta al subsistema de refrigeración de CO₂ puede ser una línea de descarga de refrigerante caliente que recibe el refrigerante CO₂ del intercambiador de calor y proporciona el refrigerante CO₂ a la línea de refrigerante comprimido caliente.

En algunas realizaciones, la válvula es una válvula de control que puede hacerse funcionar para controlar la cantidad del refrigerante CO₂ comprimido caliente proporcionado al intercambiador de calor. En algunas realizaciones, la válvula

de control es una válvula de tres vías que recibe el refrigerante CO₂ comprimido caliente de la línea de entrada de refrigerante caliente y dirige el refrigerante CO₂ comprimido caliente al intercambiador de calor o a la línea de descarga de refrigerante caliente en base a una posición de la válvula de control.

5 En algunas realizaciones, el controlador determina la diferencia entre la temperatura del refrigerante CO₂ comprimido caliente y la temperatura de la zona del edificio y hace funcionar la válvula de control en función de la diferencia.

Lo anterior es un resumen y por lo tanto necesariamente contiene simplificaciones, generalizaciones y omisiones de detalle. En consecuencia, los expertos en la técnica se darán cuenta de que el sumario es solamente ilustrativo y no pretende ser en modo alguno limitativo. Otros aspectos, características de la invención y ventajas de los dispositivos y/o procesos descritos en el presente documento, tal como se definen únicamente por las reivindicaciones, resuBTarán evidentes en la descripción detallada expuesta en el presente documento y considerada junto con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de un subsistema de refrigeración por CO₂ que proporciona enfriamiento para una carga de refrigeración utilizando dióxido de carbono (CO₂) como refrigerante.

15 La figura 2A es un diagrama del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 1 con un subsistema de intercambio de calor directo de CO₂ configurado para proporcionar enfriamiento a una zona de un edificio, de acuerdo con un ejemplo de realización según la presente invención.

La figura 2B es un diagrama del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 1 con un subsistema de intercambio de calor directo por CO₂ configurado para proporcionar enfriamiento a una zona de un edificio, de acuerdo con otro ejemplo de realización según la presente invención.

20 La figura 3A es un diagrama del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 1 con un subsistema de intercambio de calor directo por CO₂ configurado para proporcionar calentamiento a una zona de un edificio, de acuerdo con un ejemplo de realización según la presente invención.

25 La Figura 3B es un diagrama del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 1 con un subsistema de intercambio de calor directo por CO₂ configurado para proporcionar calentamiento a una zona de un edificio, de acuerdo con otro ejemplo de realización según la presente invención.

La Figura 3C es un diagrama del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 1 con un subsistema de intercambio de calor directo por CO₂ configurado para proporcionar calentamiento a una zona de un edificio, de acuerdo con otro ejemplo de realización que no es según la presente invención.

30 La Figura 3D es un diagrama del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 1 con un subsistema de intercambio de calor directo por CO₂ configurado para proporcionar calentamiento a una zona de un edificio, de acuerdo con otro ejemplo de realización que no es según la presente invención.

La figura 4 es un diagrama del sistema de refrigeración por CO₂ de la figura 1 con un subsistema de intercambio de calor directo por CO₂ configurado para proporcionar tanto calentamiento como enfriamiento a una zona de un edificio, de acuerdo con un ejemplo de realización según la presente invención.

35 La Figura 5 es un dibujo de un intercambiador de calor de tipo casete que puede usar un refrigerante CO₂ del sistema de refrigeración por CO₂ para proporcionar calentamiento y/o enfriamiento para una zona de un edificio.

La figura 6 es un diagrama de bloques de un controlador configurado para controlar el sistema de refrigeración por CO₂ y los subsistemas de intercambio de calor por CO₂ directo de las figuras 1-4.

Descripción detallada

40 En referencia general a las figuras, se muestra un sistema de refrigeración por CO₂ con un subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo, de acuerdo con varios ejemplos de realizaciones. El sistema de refrigeración por CO₂ es un sistema de refrigeración por compresión de vapor que utiliza dióxido de carbono (es decir, CO₂) como refrigerante. En algunas realizaciones, el sistema de refrigeración por CO₂ se utiliza para refrigerar dispositivos de exposición de temperatura controlada en un supermercado o en otras instalaciones similares

45 El sistema de refrigeración de CO₂ incluye un subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo. El subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo emplea el refrigerante CO₂ calentado o enfriado del sistema de refrigeración por CO₂ para proporcionar calentamiento y/o enfriamiento para una zona de un edificio. Por ejemplo, el subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo puede obtener el refrigerante CO₂ enfriado aguas abajo de un enfriador/condensador de gas del sistema de refrigeración por CO₂ (por ejemplo, entre el enfriador/condensador de gas y una válvula de expansión de alta presión). El refrigerante CO₂ enfriado se puede usar para proporcionar enfriamiento a una zona de un edificio. El subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo puede obtener el refrigerante CO₂ comprimido caliente aguas abajo de un compresor del sistema de refrigeración por CO₂ (por ejemplo, entre el compresor y el enfriador/condensador de gas). El refrigerante CO₂ comprimido caliente se puede usar para

proporcionar calentamiento a la zona del edificio.

El subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo coloca el CO₂ refrigerante en una relación de intercambio de calor directo con el aire proporcionado a la zona del edificio. Por ejemplo, el subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo puede incluir un conjunto de intercambiadores de calor que reciben el refrigerante CO₂ del sistema de refrigeración de CO₂. En algunas realizaciones, los intercambiadores de calor son intercambiadores de calor de casete y se pueden instalar dentro de una pared o techo de la zona del edificio. Los intercambiadores de calor pueden incluir ventiladores configurados para forzar el aire desde la zona del edificio a través de los intercambiadores de calor. El aire forzado intercambia calor directamente con el refrigerante CO₂ que pasa a través de los intercambiadores de calor (esto es, sin un medio de transferencia de calor intermedio), calentando y/o enfriando de este modo el aire. El aire forzado se suministra entonces a la zona del edificio para proporcionar calentamiento y/o enfriamiento para la zona del edificio.

Sistema de refrigeración por CO₂

Con referencia ahora a la figura 1, se muestra el subsistema 100 de refrigeración por CO₂. El subsistema 100 de refrigeración por CO₂ puede ser un sistema de refrigeración por compresión de vapor que usa principalmente dióxido de carbono (CO₂) como refrigerante. El subsistema 100 de refrigeración por CO₂ se muestra incluyendo un sistema de tuberías, conductos u otros canales de fluido (por ejemplo, conductos de fluido 1, 3, 5, 7 y 9) para transportar el refrigerante CO₂ entre diversos componentes termodinámicos del subsistema 100 de refrigeración por CO₂. Se muestran los componentes termodinámicos del subsistema de refrigeración 100 por CO₂ que incluyen un enfriador/condensador de gas 2, una válvula de alta presión 4, un receptor 6, una válvula de derivación de gas 8, un subsistema 10 de temperatura media ("TM") y un subsistema 20 de temperatura baja ("TB").

El enfriador/condensador de gas 2 puede ser un intercambiador de calor u otro dispositivo similar para eliminar calor del refrigerante CO₂. El enfriador/condensador de gas 2 se muestra recibiendo vapor de CO₂ del conducto de fluido 1. En algunas realizaciones, el vapor de CO₂ en el conducto de fluido 1 puede tener una presión dentro de un intervalo de aproximadamente 45 bar a aproximadamente 100 bar (es decir, de aproximadamente 640 psig a aproximadamente 1420 psig), dependiendo de la temperatura ambiente y de otras condiciones de funcionamiento. En algunas realizaciones, el enfriador/condensador de gas 2 puede condensar parcial o totalmente el CO₂ vapor a CO₂ líquido (por ejemplo, si el sistema está funcionando en la región subcrítica). El proceso de condensación puede dar como resultado CO₂ líquido completamente saturado o una mezcla líquido-vapor (por ejemplo, que tiene una calidad termodinámica comprendida entre 0 y 1). En otras realizaciones, el enfriador/condensador de gas 2 puede enfriar el CO₂ vapor (por ejemplo, eliminando el sobrecalentamiento) sin condensar el CO₂ vapor a CO₂ líquido (por ejemplo, si el sistema está funcionando en la región supercrítica). En algunas realizaciones, el proceso de enfriamiento/condensación es un proceso isobárico. Se muestra el enfriador/condensador de gas 2 haciendo salir el refrigerante CO₂ enfriado y/o condensado por el conducto de fluido 3.

La válvula de alta presión 4 recibe el refrigerante CO₂ enfriado y/o condensado del conducto de fluido 3 y envía el refrigerante CO₂ al conducto de fluido 5. La válvula de alta presión 4 puede controlar la presión del refrigerante CO₂ en el enfriador/condensador de gas 2 controlando la cantidad de refrigerante CO₂ que se deja pasar a través de la válvula de alta presión 4. En algunas realizaciones, la válvula de alta presión 4 es una válvula de expansión térmica de alta presión (esto es, si la presión en el conducto de fluido 3 es mayor que la presión en el conducto de fluido 5). En tales realizaciones, la válvula de alta presión 4 puede permitir que el refrigerante CO₂ se expanda hasta un estado de presión más baja. El proceso de expansión puede ser un proceso de expansión isoentálpico y/o adiabático, que da como resultado una evaporación ultrarrápida del refrigerante CO₂ a alta presión hasta un estado de presión más baja y temperatura más baja. El proceso de expansión puede producir una mezcla de líquido/vapor (por ejemplo, que tiene una calidad termodinámica entre 0 y 1). En algunas realizaciones, el refrigerante CO₂ se expande hasta una presión de aproximadamente 38 bar (esto es, aproximadamente 540 psig), que corresponde a una temperatura de aproximadamente 2,8 °C (37°F). El refrigerante CO₂ fluye entonces desde el conducto de fluido 5 al receptor 6.

El receptor 6 recoge el refrigerante CO₂ del conducto de fluido 5. En algunas realizaciones, el receptor 6 puede ser un depósito de evaporación instantánea u otro depósito de fluido. El receptor 6 incluye una parte de líquido CO₂ 16 y una parte de vapor CO₂ 15 y puede contener una mezcla parcialmente saturada de CO₂ líquido y CO₂ vapor. En algunas realizaciones, el receptor 6 separa el CO₂ líquido del CO₂ vapor. El CO₂ líquido puede salir del receptor 6 a través de los conductos de fluido 9. Los conductos de fluido 9 pueden ser colectores de líquido que conducen al subsistema TM (de temperatura media) 10 y/o al subsistema TB (de temperatura baja) 20. El vapor de CO₂ puede salir del receptor 6 a través del conducto 7 de fluido. El conducto de fluido 7 se muestra conduciendo el vapor de CO₂ a una válvula de derivación de gas 8 y a un compresor en paralelo 36 (descrito con mayor detalle a continuación).

Siguiendo con referencia a la figura 1, se muestra el subsistema TM 10 que incluye una o más válvulas de expansión 11, uno o más evaporadores 12 de TM y uno o más compresores 14 de TM. En diversas realizaciones, puede haber presente cualquier número de válvulas de expansión 11, evaporadores 12 de TM y compresores 14 de TM. Las válvulas de expansión 11 pueden ser válvulas de expansión electrónicas u otras válvulas de expansión similares. Las válvulas de expansión 11 se muestran recibiendo refrigerante CO₂ líquido del conducto de fluido 9 y haciendo salir el refrigerante CO₂ a los evaporadores 12 de TM. Las válvulas de expansión 11 pueden provocar que el refrigerante CO₂ sufra una rápida disminución de presión, lo que expande el refrigerante CO₂ a un estado de presión más baja y

temperatura más baja. En algunas realizaciones, las válvulas de expansión 11 pueden expandir el refrigerante CO₂ hasta una presión de aproximadamente 30 bares. El proceso de expansión puede ser un proceso de expansión isoentálpico y/o adiabático.

Los evaporadores 12 de TM se muestran recibiendo el refrigerante CO₂ enfriado y expandido de las válvulas de expansión 11. En algunas realizaciones, los evaporadores de TM pueden estar asociados con vitrinas/dispositivos (por ejemplo, si el subsistema 100 de refrigeración por CO₂ se implementa en un establecimiento tipo supermercado). Los evaporadores 12 de TM pueden configurarse para facilitar la transferencia de calor desde las vitrinas/dispositivos al refrigerante CO₂. El calor añadido puede provocar que el refrigerante CO₂ se evapore parcial o completamente. Según una realización, el refrigerante CO₂ se evapora completamente en los evaporadores 12 de TM. En algunas realizaciones, el proceso de evaporación puede ser un proceso isobárico. Los evaporadores 12 de TM se muestran haciendo salir el refrigerante CO₂ a través de conductos de fluido 13, que conducen a los compresores 14 de TM.

Los compresores 14 de TM comprimen el refrigerante CO₂ para dar un vapor sobrecalentado que tiene una presión dentro de un intervalo de aproximadamente 45 bares a aproximadamente 100 bares. La presión de salida de los compresores 14 de TM puede variar dependiendo de la temperatura ambiente y de otras condiciones de funcionamiento. En algunas realizaciones, los compresores 14 de TM funcionan en modo transcrítico. En funcionamiento, el gas de descarga CO₂ sale de los compresores 14 de TM y fluye a través del conducto de fluido 1 hacia el refrigerador/condensador de gas 2.

Siguiendo con la referencia a la figura 1, se muestra el subsistema de TB 20 que incluye una o más válvulas de expansión 21, uno o más evaporadores de TB 22, y uno o más compresores de TB 24. En diversas realizaciones, puede haber presente cualquier número de válvulas de expansión 21, de evaporadores de TB 22 y de compresores de TB 24. En algunas realizaciones, el subsistema de TB 20 puede omitirse y el subsistema 100 de refrigeración por CO₂ puede funcionar con un módulo de AC que interactúa sólo con el subsistema 10 de TM.

Las válvulas de expansión 21 pueden ser válvulas de expansión electrónicas u otras válvulas de expansión similares. Las válvulas de expansión 21 se muestran recibiendo refrigerante CO₂ líquido del conducto de fluido 9 y haciendo salir el refrigerante CO₂ a los evaporadores de TB 22. Las válvulas de expansión 21 pueden provocar que el refrigerante CO₂ sufra una rápida disminución de presión, lo que expande el refrigerante CO₂ a un estado de presión más baja y temperatura más baja. El proceso de expansión puede ser un proceso de expansión isoentálpico y/o adiabático. En algunas realizaciones, las válvulas de expansión 21 pueden expandir el refrigerante CO₂ hasta una presión más baja que las válvulas de expansión 11, lo que da como resultado una temperatura más baja del refrigerante CO₂. Por consiguiente, el subsistema de TB 20 puede usarse junto con un sistema congelador u con otras vitrinas o expositores de temperatura más baja.

Los evaporadores de TB 22 se muestran recibiendo el refrigerante CO₂ enfriado y expandido de las válvulas de expansión 21. En algunas realizaciones, los evaporadores de TB pueden estar asociados con vitrinas/dispositivos (por ejemplo, si el subsistema 100 de refrigeración por CO₂ se implementa en un supermercado). Los evaporadores de TB 22 pueden configurarse para facilitar la transferencia de calor desde las vitrinas/dispositivos al refrigerante CO₂. El calor añadido puede provocar que el refrigerante CO₂ se evapore parcial o completamente. En algunas realizaciones, el proceso de evaporación puede ser un proceso isobárico. Los evaporadores de TB 22 se muestran haciendo salir el refrigerante CO₂ a través del conducto de fluido 23, que conduce a los compresores de TB 24.

Los compresores de TB 24 comprimen el refrigerante CO₂. En algunas realizaciones, los compresores 24 de TB pueden comprimir el refrigerante CO₂ hasta una presión de aproximadamente 30 bar (esto es, aproximadamente 425 psig) que tiene una temperatura de saturación de aproximadamente -5 °C (esto es, aproximadamente 23 °F). Los compresores de TB 24 se muestran haciendo salir el refrigerante CO₂ a través del conducto de fluido 25. El conducto de fluido 25 puede estar conectado de manera fluida con el lado de aspiración (es decir, aguas arriba) de los compresores 14 de TM.

Siguiendo con la referencia a la figura 1, el subsistema 100 de refrigeración por CO₂ se muestra incluyendo una válvula de derivación de gas 8. La válvula de derivación de gas 8 puede recibir el vapor de CO₂ del conducto de fluido 7 y enviar el refrigerante CO₂ al subsistema 10 de TM. En algunas realizaciones, la válvula de derivación de gas 8 está dispuesta en serie con los compresores 14 de TM. En otras palabras, el vapor de CO₂ procedente del receptor 6 puede pasar a través de la válvula de derivación de gas 8 y de los compresores 14 de TM. Los compresores 14 de TM pueden comprimir el vapor de CO₂ que pasa a través de la válvula de derivación de gas 8 desde un estado de baja presión (por ejemplo, aproximadamente 30 bares o menos) hasta un estado de alta presión (por ejemplo, 45-100 bares).

La válvula de derivación de gas 8 puede hacerse funcionar para regular o controlar la presión dentro del receptor 6 (por ejemplo, ajustando la cantidad de refrigerante CO₂ que se deja pasar a través de la válvula de derivación de gas 8). Por ejemplo, la válvula de derivación de gas 8 puede ajustarse (esto es, abrirse o cerrarse de manera variable) para ajustar el caudal másico, el caudal volumétrico u otros caudales del refrigerante CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8. La válvula de derivación de gas 8 puede abrirse y cerrarse (por ejemplo, manualmente, automáticamente, mediante un controlador, etc.) según sea necesario para regular la presión dentro del receptor 6.

En algunas realizaciones, la válvula de derivación de gas 8 incluye un sensor para medir el caudal (por ejemplo, el

flujo másico, el flujo volumétrico, etc.) del refrigerante CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8. En otras realizaciones, la válvula de derivación de gas 8 incluye un indicador (por ejemplo, un indicador, un dial, etc.) a partir del cual puede determinarse la posición de la válvula de derivación de gas 8. Esta posición puede usarse para determinar el caudal de refrigerante CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8, ya que tales cantidades pueden ser proporcionales o estar relacionadas de otro modo.

En algunas realizaciones, la válvula de derivación de gas 8 puede ser una válvula de expansión térmica (es decir, si la presión en el lado aguas abajo de la válvula de derivación de gas 8 es menor que la presión en el conducto de fluido 7). Según una realización, la presión dentro del receptor 6 se regula mediante la válvula de derivación de gas 8 a un valor de aproximadamente 38 bar, que corresponde a aproximadamente 2,8 °C (37 °F). Ventajosamente, este estado de presión/temperatura puede facilitar el uso de tuberías o conductos de cobre para las líneas del sistema de CO₂ situadas aguas abajo. Adicionalmente, este estado de presión/temperatura puede permitir que tales tubos de cobre funcionen de una manera sustancialmente libre de escarcha.

En algunas realizaciones, el vapor de CO₂ que se deriva a través de la válvula de derivación de gas 8 se mezcla con el refrigerante CO₂ gas que sale de los evaporadores 12 de TM (por ejemplo, a través del conducto de fluido 13). El vapor de CO₂ derivado también puede mezclarse con el refrigerante CO₂ de descarga que sale de los compresores de TB 24 (por ejemplo, a través del conducto de fluido 25). El refrigerante CO₂ gas combinado puede proporcionarse al lado de aspiración de los compresores 14 de TM.

En algunas realizaciones, la presión inmediatamente aguas abajo de la válvula de derivación de gas 8 (es decir, en el conducto de fluido 13) es menor que la presión inmediatamente aguas arriba de la válvula de derivación de gas 8 (es decir, en el conducto de fluido 7). Por lo tanto, el vapor de CO₂ que pasa a través de la válvula de derivación de gas 8 y de los compresores 14 de TM puede expandirse (por ejemplo, cuando pasa a través de la válvula de derivación de gas 8) y posteriormente recomprimirse (por ejemplo, mediante los compresores 14 de TM). Esta expansión y recompresión pueden ocurrir sin ninguna transferencia intermedia de calor hacia o desde el refrigerante CO₂, lo cual puede caracterizarse como un uso de energía ineficiente.

Todavía siguiendo con referencia a la figura 1, se muestra el subsistema 100 de refrigeración por CO₂ incluyendo un compresor en paralelo 36. El compresor en paralelo 36 puede estar dispuesto en paralelo con otros compresores del subsistema 100 de refrigeración por CO₂ (por ejemplo, los compresores 14 de TM, los compresores de TB 24, etc.). Aunque solo se muestra un compresor en paralelo 36, puede haber cualquier número de compresores en paralelo. El compresor en paralelo 36 puede estar conectado de manera fluida con el receptor 6 y/o con el conducto de fluido 7 a través de una línea de conexión 40. El compresor en paralelo 36 puede usarse para drenar (extraer) el vapor de CO₂ no condensado del receptor 6 como medio para el control y regulación de la presión. Ventajosamente, el uso del compresor en paralelo 36 para efectuar el control y la regulación de la presión puede proporcionar una alternativa más eficiente a las técnicas tradicionales de regulación de la presión, tales como derivar el vapor de CO₂ a través de la válvula de derivación 8 al lado de aspiración de presión inferior de los compresores 14 de TM.

En algunas realizaciones, el compresor en paralelo 36 se puede hacer funcionar (por ejemplo, mediante un controlador) para lograr una presión deseada dentro del receptor 6. Por ejemplo, el controlador puede recibir mediciones de presión desde un sensor de presión que monitoriza la presión dentro del receptor 6 y puede activar o desactivar el compresor 36 en paralelo basándose en las mediciones de presión. Cuando está activo, el compresor en paralelo 36 comprime el vapor de CO₂ recibido a través de la línea de conexión 40 y el vapor comprimido se descarga en la línea de conexión 42. La línea de conexión 42 puede estar conectada de manera fluida con el conducto de fluido 1. Por consiguiente, el compresor en paralelo 36 puede funcionar en paralelo con los compresores 14 de TM descargando el vapor de CO₂ comprimido en un conducto de fluido compartido (por ejemplo, el conducto de fluido 1).

El compresor en paralelo 36 puede estar dispuesto en paralelo tanto con la válvula de derivación de gas 8 como con los compresores 14 de TM. En otras palabras, el vapor de CO₂ que sale del receptor 6 puede pasar bien a través del compresor en paralelo 36 o bien a través de la combinación en serie de la válvula de derivación de gas 8 y los compresores 14 de TM. El compresor en paralelo 36 puede recibir el vapor de CO₂ a una presión relativamente más alta (por ejemplo, desde el conducto 7 de fluido) que el vapor de CO₂ recibido por los compresores 14 de TM (por ejemplo, desde el conducto 13 de fluido). Este diferencial de presión puede corresponder al diferencial de presión a través de la válvula 8 de derivación de gas. En algunas realizaciones, el compresor en paralelo 36 puede requerir menos energía para comprimir una cantidad equivalente de vapor de CO₂ al estado de alta presión (por ejemplo, en el conducto de fluido 1) debido a la mayor presión del vapor de CO₂ que entra al compresor en paralelo 36. Por lo tanto, la ruta paralela que incluye el compresor en paralelo 36 puede ser una alternativa más eficiente a la ruta que incluye la válvula de derivación de gas 8 y los compresores 14 de TM.

En algunas realizaciones, la válvula de derivación de gas 8 se omite y la presión dentro del receptor 6 se regula usando el compresor en paralelo 36. En otras realizaciones, se omite el compresor en paralelo 36 y la presión dentro del receptor 6 se regula usando la válvula de derivación de gas 8. En otras realizaciones, tanto la válvula de derivación de gas 8 como el compresor en paralelo 6 se usan para regular la presión dentro del receptor 6. Todas estas variaciones están dentro del alcance de la presente invención.

Subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo

Con referencia ahora a las figuras 2A-5, se muestra el sistema 100 de refrigeración por CO₂, según la presente invención, que incluye un subsistema intercambiador de calor por CO₂ directo 50. El subsistema 50 está configurado para proporcionar calentamiento y/o enfriamiento para una zona de un edificio (por ejemplo, un área del edificio, una habitación, un espacio de trabajo, etc.) usando el refrigerante CO₂ de sistema 100 de refrigeración por CO₂ como medio de transferencia de calor. El subsistema 50 coloca el refrigerante CO₂ en relación de intercambio de calor directo con el aire proporcionado a la zona del edificio. Por ejemplo, se muestra el subsistema 50 que incluye un conjunto de intercambiadores de calor 52 que reciben el refrigerante CO₂ del sistema 100 de refrigeración por CO₂. En algunas realizaciones, los intercambiadores de calor 52 son intercambiadores de calor de tipo casete, como se muestra en la figura 5. Los intercambiadores de calor 52 se pueden instalar dentro de una pared o en el techo de una zona del edificio y pueden incluir ventiladores 58 configurados para forzar que el aire pase desde la zona del edificio a través de los intercambiadores de calor 52. En algunas realizaciones, el aire forzado intercambia calor directamente con el refrigerante CO₂ que pasa a través de los intercambiadores de calor 52 (esto es, sin un medio de transferencia de calor intermedio), calentando y/o enfriando de este modo el aire. El aire forzado se suministra entonces a la zona del edificio para proporcionar calentamiento y/o enfriamiento para la zona del edificio.

Con referencia en particular a las figuras 2A-2B, el subsistema 50 de intercambio de calor por CO₂ directo puede configurarse para proporcionar enfriamiento para una zona del edificio utilizando el refrigerante CO₂ enfriado/condensado del sistema de refrigeración 100 por CO₂. Se muestra que el subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo incluye un conducto de fluido 44 que recibe el refrigerante CO₂ enfriado/condensado a alta presión procedente del enfriador/condensador de gas 2. El conducto de fluido 44 se puede conectar al conducto de fluido 3 y puede suministrar una parte del refrigerante CO₂ enfriado/condensado a alta presión procedente del conducto de fluido 3 a los intercambiadores de calor 52.

Según la invención, el subsistema de intercambio de calor 50 por CO₂ directo incluye una o más válvulas, que pueden ser válvulas de expansión 60. Las válvulas de expansión 60 pueden estar ubicadas a lo largo del conducto de fluido 44 aguas arriba de los intercambiadores de calor 52. Las válvulas de expansión 60 pueden ser válvulas de control (por ejemplo, válvulas de expansión electrónicas, válvulas paso a paso, etc.) u otros tipos de válvulas de expansión de posición variable. Las válvulas de expansión 60 se muestran recibiendo el refrigerante CO₂ del conducto de fluido 44 y haciendo salir el refrigerante CO₂ a tuberías de enfriamiento 54 dentro de los intercambiadores de calor 52. Las válvulas de expansión 60 pueden provocar que el refrigerante CO₂ experimente una rápida disminución de presión, lo que expande el refrigerante CO₂ hasta un estado de presión más baja y temperatura más baja.

Los ventiladores 58 fuerzan que el aire desde la zona del edificio pase a través de los intercambiadores de calor 52. El aire forzado pasa sobre los tubos de enfriamiento 54 y transfiere calor al refrigerante CO₂ del enfriador que fluye a través de los tubos 54 de enfriamiento, de forma que el aire se enfría. El aire enfriado se suministra entonces a la zona del edificio para proporcionar enfriamiento para la zona de edificio. El refrigerante CO₂ fluye desde los tubos de enfriamiento 54 al conducto de fluido 46. El conducto de fluido 46 puede conectarse al sistema 100 de refrigeración por CO₂ aguas abajo de la válvula de alta presión 4. Por ejemplo, el conducto 46 de fluido se muestra suministrando el refrigerante CO₂ desde los intercambiadores de calor 52 al conducto de fluido 5, que conecta la válvula de alta presión 4 al receptor 6.

En algunas realizaciones, la inyección del refrigerante CO₂ de alta presión en los intercambiadores de calor 52 se controla mediante las válvulas de expansión 60. Cada una de las válvulas de expansión 60 puede configurarse para controlar el caudal de refrigerante CO₂ a través de uno de los intercambiadores de calor 52. Según la invención, las válvulas de expansión 60 se hacen funcionar automáticamente mediante un controlador. El controlador monitoriza la temperatura de la zona del edificio (por ejemplo, recibiendo una entrada de temperatura desde un sensor de temperatura instalado dentro de la zona del edificio) y hace funcionar las válvulas de expansión 60 basándose en la temperatura de la zona del edificio. En algunas realizaciones, el controlador hace funcionar las válvulas de expansión 60 usando el control de encendido/apagado. Por ejemplo, el controlador puede hacer que las válvulas de expansión 60 se abran cuando se requiera enfriamiento (es decir, cuando la temperatura de la zona del edificio esté por encima de una temperatura prefijada) para proporcionar enfriamiento a la zona del edificio. El controlador puede hacer que las válvulas de expansión 60 se cierren cuando no se requiere enfriamiento (es decir, cuando la temperatura de la zona del edificio no está por encima de una temperatura prefijada). En otras realizaciones, el controlador modula la posición de las válvulas de expansión 60 entre una pluralidad de posiciones desde completamente abierta a completamente cerrada en base a la diferencia entre la temperatura de la zona del edificio y la temperatura prefijada. Por ejemplo, el grado en el que el controlador abre las válvulas de expansión 60 puede basarse en la diferencia entre la temperatura de la zona del edificio y la temperatura prefijada.

En algunas realizaciones, el controlador hace funcionar las válvulas de expansión 60 en base a la posición (por ejemplo, el grado de apertura) de la válvula de alta presión 4. Por ejemplo, el controlador puede monitorizar la posición de la válvula 4 de alta presión y puede proporcionar a las válvulas de expansión una señal de apertura basada en la posición de la válvula 4 de alta presión. En algunas realizaciones, la señal de apertura máxima proporcionada por el controlador a las válvulas de expansión 60 está limitada por la posición de la válvula de alta presión 4. En algunas realizaciones, el controlador hace que las válvulas de expansión 60 se abran más cuando la posición de la válvula de alta presión 4 está relativamente más abierta (es decir, para compensar un menor caudal causado por un menor

diferencial de presión entre los conductos de fluido 3 y 5) y menos cuando la posición de la válvula de alta presión 4 es relativamente más cerrada (por ejemplo, para compensar un mayor caudal provocado por un mayor diferencial de presión entre los conductos de fluido 3 y 5). En otras realizaciones, el controlador hace que las válvulas de expansión 60 se abran más cuando la posición de la válvula de alta presión 4 es relativamente más cerrada y menos cuando la posición de la válvula de alta presión 4 es relativamente más abierta.

En algunas realizaciones, el controlador hace funcionar las válvulas de expansión 60 en base a la cantidad de sobrecalentamiento del refrigerante CO₂ de alta presión recibido del conducto de fluido 3. Por ejemplo, el controlador puede monitorizar la temperatura, presión y/u otras propiedades termodinámicas del refrigerante CO₂ de alta presión que sale del enfriador/condensador de gas 2 y puede determinar la cantidad de sobrecalentamiento (si lo hay) del refrigerante CO₂ de alta presión. En otras realizaciones, el controlador hace funcionar las válvulas de expansión 60 tomando como base la cantidad de sobrecalentamiento del refrigerante CO₂ a la salida de los intercambiadores de calor 52. Por ejemplo, el controlador puede monitorizar la temperatura, presión y/u otras propiedades termodinámicas del refrigerante CO₂ dentro del conducto 46 de fluido y puede determinar la cantidad de sobrecalentamiento (si lo hay) del refrigerante CO₂.

En algunas realizaciones, la señal de apertura máxima proporcionada por el controlador a las válvulas de expansión 60 está limitada por la cantidad de sobrecalentamiento. En algunas realizaciones, el controlador hace que las válvulas de expansión 60 se abran más cuando el sobrecalentamiento es relativamente alto (por ejemplo, para conseguir una transferencia de calor menos eficiente en el refrigerante CO₂ de temperatura más alta) y menos cuando el sobrecalentamiento es relativamente bajo (por ejemplo, para conseguir una transferencia de calor más eficiente en el refrigerante CO₂ de temperatura más baja). En otras realizaciones, el controlador hace que las válvulas de expansión 60 se abran más cuando el sobrecalentamiento es relativamente bajo y menos cuando el sobrecalentamiento es relativamente alto.

Con referencia en particular a la figura 2B, el subsistema 50 de intercambio de calor por CO₂ directo puede incluir uno o más sensores 64-70 configurados para medir diversos estados del refrigerante CO₂. Por ejemplo, el subsistema 50 se muestra incluyendo un sensor de temperatura de entrada 64 y un sensor de temperatura de salida 66. El sensor de temperatura de entrada 64 puede estar ubicado en una entrada del intercambiador de calor 52 (por ejemplo, entre la válvula de expansión 60 y el tubo de enfriamiento 54) y configurado para medir la temperatura del refrigerante CO₂ a la entrada del intercambiador de calor 52. El sensor de temperatura de salida 66 puede estar situado en la salida del intercambiador de calor 52 (por ejemplo, inmediatamente aguas abajo del tubo de enfriamiento 54) y configurado para medir la temperatura del refrigerante CO₂ a la salida del intercambiador de calor 52. En algunas realizaciones, cada intercambiador de calor 52 tiene un conjunto separado de sensores de temperatura 64-66 configurados para medir la temperatura del refrigerante CO₂ aguas arriba y aguas abajo del intercambiador de calor 52 (por ejemplo, un conjunto de sensores 64-66 para cada intercambiador de calor 52).

En algunas realizaciones, el controlador determina la cantidad de sobrecalentamiento en base a las medidas de temperatura del sensor de temperatura de entrada 64 y/o del sensor de temperatura de salida 66. Por ejemplo, el controlador puede calcular la cantidad de sobrecalentamiento S restando la temperatura de entrada T_{ent} medida por el sensor de temperatura de entrada 64 de la temperatura de salida T_{sal} medida por el sensor de temperatura de salida 66 (es decir, $S = T_{sal} - T_{ent}$). Esta técnica para calcular el sobrecalentamiento puede basarse en la suposición de que el refrigerante CO₂ es un vapor saturado (o una mezcla líquido-vapor) en la entrada del intercambiador de calor 52. Por lo tanto, la ganancia de calor a través del intercambiador de calor 52 (es decir, $T_{sal} - T_{ent}$) puede indicar la cantidad de sobrecalentamiento.

En algunas realizaciones, el controlador calcula la cantidad de sobrecalentamiento usando solo el sensor de temperatura de salida 66. Por ejemplo, el controlador puede calcular el sobrecalentamiento S restando la temperatura de saturación conocida T_{sat} del refrigerante CO₂ de la temperatura de salida T_{sal} medida por el sensor de temperatura de salida 66 (es decir, $S = T_{sal} - T_{sat}$). Esta técnica para calcular el sobrecalentamiento puede basarse en la suposición de que el refrigerante CO₂ está en un estado saturado (o una mezcla de líquido-vapor) antes de absorber calor en el intercambiador de calor 52. Si la presión dentro del intercambiador de calor 52 permanece sustancialmente constante (es decir, $P_{estática}$), la temperatura de saturación T_{sat} puede también permanecer sustancialmente constante. Por consiguiente, la temperatura de saturación T_{sat} se puede calcular una vez basándose en la presión estática $P_{estática}$ (es decir, $T_{sat} = f(P_{estática})$) y se almacena en la memoria del controlador.

En algunas realizaciones, el subsistema 50 incluye un sensor de presión 70 del receptor. El sensor de presión del receptor 70 puede estar ubicado dentro del receptor 6 (por ejemplo, dentro de la zona de vapor 15) y configurado para medir la presión del refrigerante CO₂ dentro del receptor 6. El controlador puede usar la presión del receptor P_{rec} medida por el sensor de presión del receptor 70 para calcular la temperatura de saturación del receptor T_{sat} (es decir, $T_{sat} = f(P_{rec})$). Se puede suponer que esta temperatura de saturación es la misma que la temperatura del refrigerante CO₂ aguas arriba del intercambiador de calor 52, suponiendo un proceso de intercambio de calor isobárico. Como antes, el controlador puede calcular el sobrecalentamiento S restando la temperatura de saturación T_{sat} del refrigerante CO₂ de la temperatura de salida T_{sal} medida por el sensor de temperatura de salida 66 (es decir, $S = T_{sal} - T_{sat}$). Esta técnica para calcular el sobrecalentamiento puede ser ventajosa cuando la presión del receptor P_{rec} es variable y no puede asumirse que es un valor estático.

En algunas realizaciones, el subsistema 50 incluye un sensor de presión de salida 68. El sensor de presión de salida 68 puede estar situado a lo largo del conducto de fluido 46 (es decir, entre el intercambiador de calor 52 y el receptor 6) y configurado para medir la presión del refrigerante CO₂ en el conducto de fluido 46. La presión medida por el sensor de presión de salida 68 puede ser la misma que la presión del refrigerante CO₂ dentro del intercambiador de calor 52, suponiendo un proceso de intercambio de calor isobárico. El sensor de presión de salida 68 puede proporcionar una indicación más precisa de la presión del CO₂ dentro del intercambiador de calor 52 con respecto a un sensor de presión situado dentro del receptor 6. El controlador puede usar la presión de salida P_{sal} medida por el sensor de presión de salida 68 para calcular la temperatura de evaporación saturada T_{sat} (es decir, $T_{sat} = f(P_{sal})$). Como antes, el controlador puede calcular el sobrecalentamiento S restando la temperatura de saturación T_{sat} del refrigerante CO₂ de la temperatura de salida T_{sal} medida por el sensor de temperatura de salida 66 (es decir, $S = T_{sal} - T_{sat}$).

Con referencia ahora a las figuras 3A-3D, el subsistema 50 de intercambio de calor por CO₂ directo puede configurarse para proporcionar calentamiento para una zona del edificio usando el refrigerante CO₂ comprimido caliente del sistema de refrigeración 100. Se muestra el subsistema 50 de intercambio de calor por CO₂ directo incluyendo un conducto de fluido 48 que recibe el refrigerante CO₂ caliente a alta presión aguas arriba del enfriador/condensador de gas 2. El conducto de fluido 48 puede estar conectado al conducto de fluido 1 y puede suministrar una parte del refrigerante CO₂ caliente a alta presión procedente del conducto de fluido 1 hasta los tubos de calentamiento 56 dentro de los intercambiadores de calor 52. Los ventiladores 58 fuerzan el aire desde la zona del edificio a través de los intercambiadores de calor 52. El aire forzado pasa sobre los tubos de calentamiento 56 y absorbe el calor del refrigerante CO₂ más templado que fluye a través de los tubos calefactores 56, calentando de este modo el aire. El aire calentado se suministra entonces a la zona del edificio para proporcionar calentamiento para la zona de edificio.

Con referencia en particular a las figuras 3A-3B, el refrigerante CO₂ puede fluir desde los tubos de calentamiento 56 al conducto de fluido 63. En algunas realizaciones, el conducto de fluido 63 se conecta a las válvulas de control 62, que encaminan el refrigerante CO₂ del conducto de fluido 63 al conducto de fluido 49. El conducto de fluido 49 se conecta al sistema 100 de refrigeración por CO₂ aguas arriba del enfriador/condensador de gas 2. Por ejemplo, se muestra el conducto de fluido 49 suministrando el refrigerante CO₂ de los intercambiadores de calor 52 al conducto de fluido 1, que conecta los compresores 14 de TM al enfriador/condensador de gas 2. En otras realizaciones, el conducto de fluido 63 se conecta directamente al conducto de fluido 1 aguas arriba del enfriador/condensador de gas 2. En algunas realizaciones, el subsistema 50 de intercambio de calor por CO₂ directo incluye una o más bombas situadas a lo largo del conducto de fluido 48 y/o del conducto de fluido 49 configuradas para hacer que el refrigerante CO₂ comprimido caliente fluya a través de los intercambiadores de calor 52.

En algunas realizaciones, el conducto de fluido 49 se conecta directamente al conducto de fluido 1 (como se muestra en la figura 3A). En otras realizaciones, el conducto de fluido 49 se conecta a una válvula de tres vías 72 situada en la intersección del conducto de fluido 49 y el conducto de fluido 1. La válvula de tres vías 72 se puede hacer funcionar (por ejemplo, manualmente o mediante un controlador) para encender/apagar el calentamiento. Por ejemplo, la válvula de tres vías 72 puede configurarse para moverse a una primera posición (es decir, una posición de "calentamiento encendido") en la que se permite que parte o la totalidad del refrigerante CO₂ del conducto 49 de fluido fluya a través de la válvula de tres vías 72 y al conducto 1 de fluido. La válvula de tres vías 72 puede configurarse para moverse a una segunda posición (es decir, una posición de "calentamiento apagado") en la que se impide que todo el refrigerante CO₂ procedente del conducto 49 de fluido pase a través de la válvula 72 de tres vías. En la posición de calentamiento apagado, todo el refrigerante CO₂ procedente del conducto de fluido 1 puede pasar directamente a través de la válvula de tres vías 72, evitando los intercambiadores de calor 52. En algunas realizaciones, la válvula de tres vías 72 tiene un punto final mecánico que purga el exceso de refrigerante CO₂ cuando la válvula de tres vías 72 está en la posición de calentamiento apagado. Esto permite que la válvula de tres vías 72 conduzca sólo la cantidad necesaria de refrigerante CO₂ para calentar los intercambiadores 52.

Las válvulas de control 62 se muestran como válvulas de tres vías que conectan los conductos de fluido 48, 49 y 63. Las válvulas de control 62 pueden configurarse para encaminar el refrigerante CO₂ caliente desde el conducto de fluido 48 o bien al conducto de fluido 49 (evitando los intercambiadores de calor 52) o bien a los intercambiadores de calor 52 y al conducto de fluido 63. En otras palabras, las válvulas de control 62 pueden controlar la cantidad del refrigerante CO₂ caliente que pasa a través de los intercambiadores de calor 52. Cada una de las válvulas de control 62 puede configurarse para controlar el caudal del refrigerante CO₂ caliente que pasa a través de uno de los intercambiadores de calor 52. Ventajosamente, la combinación de la válvula de tres vías 72 y las válvulas de control 62 se puede usar para encender/apagar el calentamiento a través de todos los intercambiadores de calor 52 (por ejemplo, accionando la válvula de tres vías 72) o a través de cada uno de los intercambiadores de calor 52 de manera individual (por ejemplo, accionando válvulas de control individuales 62 asociadas con cada intercambiador de calor 52).

Según la invención, las válvulas de control 62 se hacen funcionar automáticamente mediante un controlador. El controlador monitoriza la temperatura de la zona del edificio (por ejemplo, recibiendo una entrada de temperatura desde un sensor de temperatura instalado dentro de la zona del edificio) y hace funcionar las válvulas de control 62 basándose en la temperatura de la zona del edificio. Por ejemplo, el controlador puede hacer que las válvulas de control 62 suministren el refrigerante CO₂ caliente para calentar los intercambiadores de calor 52 cuando se requiere calentamiento (es decir, cuando la temperatura de la zona del edificio está por debajo de una temperatura preestablecida) para proporcionar calentamiento a la zona del edificio. El controlador puede hacer que las válvulas de control 62 suministren el refrigerante CO₂ caliente al conducto de fluido 49 (evitando los intercambiadores de calor 52)

cuando no se requiere calentamiento (es decir, cuando la temperatura de la zona del edificio no está por debajo de la temperatura preestablecida). En algunas realizaciones, las válvulas de control 62 tienen un bajo coeficiente de flujo y/o una reducción de flujo en la derivación. Esto permite que la caída de presión de la válvula de control 62 de cada intercambiador de calor 52 coincida con la caída de presión a través de otros intercambiadores 52 de calor cuando se evita el intercambiador de calor 52 asociado con la válvula 62 de control.

En algunas realizaciones, el controlador hace funcionar las válvulas de control 62 para suministrar una primera porción del refrigerante CO₂ caliente para calentar los intercambiadores 52 y una segunda porción del refrigerante CO₂ caliente para que fluya directamente al conducto 49 de fluido. Las cantidades relativas de la primera porción y la segunda porción pueden controlarse mediante la posición de las válvulas de control 62 en base a una señal de control del controlador. En algunas realizaciones, la señal de control depende de la temperatura de la zona del edificio tal como se describió anteriormente. Por ejemplo, el controlador puede proporcionar a las válvulas de control 62 una señal de control para suministrar el refrigerante CO₂ caliente para calentar los intercambiadores 52 cuando la temperatura de la zona del edificio está por debajo de una consigna de temperatura, y una señal de control para suministrar el refrigerante CO₂ caliente al conducto 49 de fluido cuando la temperatura de la zona del edificio no está por debajo de la temperatura preestablecida.

En algunas realizaciones, la señal de control depende de la diferencia entre la temperatura de la zona del edificio y la temperatura del refrigerante CO₂ caliente. Por ejemplo, el controlador puede monitorizar la temperatura del refrigerante CO₂ caliente aguas arriba del enfriador/condensador de gas 2 y/o en el conducto de fluido 48. El controlador puede comparar la temperatura del refrigerante CO₂ caliente con la temperatura de la zona del edificio y generar una señal de control para las válvulas de control 62 en base al resultado de la comparación. En algunas realizaciones, el controlador hace que las válvulas de control 62 suministren el refrigerante CO₂ caliente a los intercambiadores de calor 52 si la temperatura del refrigerante CO₂ caliente es superior a la temperatura de la zona del edificio (es decir, estrictamente superior o superior en una cantidad predeterminada) y si se requiere calentamiento para la zona del edificio (por ejemplo, la temperatura de la zona del edificio es menor que una temperatura predeterminada). Sin embargo, si la temperatura del refrigerante CO₂ no es mayor que la temperatura de la zona del edificio (es decir, estrictamente mayor o mayor en la cantidad predeterminada) o si no se requiere enfriamiento, el controlador puede hacer funcionar las válvulas de control 62 para suministrar el refrigerante CO₂ caliente al conducto 49 de fluido que evita los intercambiadores de calor 52.

En algunas realizaciones, el controlador hace funcionar la válvula de alta presión 4 para controlar el aumento de la presión. El controlador puede configurarse para controlar el aumento de la presión en base a una demanda externa (por ejemplo, una señal digital de 0-10 V) y/o en base a la retroalimentación interna (por ejemplo, en base a la temperatura del refrigerante CO₂ en el conducto 49 de fluido). Por ejemplo, el subsistema 50 puede incluir un sensor de temperatura a lo largo del conducto de fluido 49 configurado para medir la temperatura de la descarga de gas caliente común de los intercambiadores de calor 52. El controlador puede configurarse para modular la posición de la válvula de alta presión 3 en base a la medida de temperatura, controlando así el aumento de la presión.

Con referencia ahora a las figuras 3C-3D, se muestra otra realización de un subsistema de intercambio de calor 50 por CO₂ directo, no según la invención. Como antes, el conducto de fluido 48 suministra el refrigerante CO₂ caliente a los intercambiadores de calor 52. Sin embargo, el subsistema 50 se muestra incluyendo las válvulas de control 74 situadas aguas arriba de los tubos 56 de calentamiento. El conducto de fluido 48 suministra el refrigerante CO₂ caliente a las válvulas de control 74, que se pueden hacer funcionar (por ejemplo, manualmente o mediante un controlador) para controlar que fluya una cantidad del refrigerante CO₂ caliente a través de cada uno de los intercambiadores de calor 52.

En algunas realizaciones, un controlador hace funcionar automáticamente las válvulas de control 74 en base a la temperatura de cada zona del edificio. Por ejemplo, si la temperatura de una zona del edificio calentada por un intercambiador 52 de calor concreto está por debajo de una temperatura predeterminada para el calentamiento, el controlador puede abrir la válvula de control 74 correspondiente para permitir que el gas CO₂ caliente fluya a través del intercambiador de calor 52, proporcionando de este modo calentamiento para la zona del edificio. Sin embargo, si la temperatura de la zona del edificio no está por debajo de la temperatura de calentamiento prefijada, el controlador puede cerrar la válvula 74 de control correspondiente para evitar que el gas CO₂ caliente fluya a través del intercambiador de calor 52, evitando así el calentamiento adicional en la zona del edificio. Ventajosamente, el controlador puede hacer funcionar cada una de las válvulas de control 74 independientemente para proporcionar diferentes grados de calentamiento en cada zona del edificio.

En algunas realizaciones, el subsistema 50 incluye una válvula de control de calentamiento común 76 (mostrada en la figura 3C). La válvula de control 76 puede hacerse funcionar (por ejemplo, manualmente o mediante un controlador) para encender/apagar el calentamiento. Por ejemplo, la válvula de control 76 puede configurarse para moverse a una primera posición (es decir, una posición de "calentamiento encendido") en la cual se permite que parte o la totalidad del refrigerante CO₂ procedente del conducto 46 de fluido fluya a través de la válvula de control 76 y al conducto de fluido 5. La válvula de control 76 puede configurarse para moverse a una segunda posición (es decir, una posición de "apagado") en la cual se evita que todo el refrigerante CO₂ del conducto de fluido 46 pase a través de la válvula 76 de control. En diversas realizaciones, la válvula de control 76 puede estar situada a lo largo del conducto de fluido 46 (como se muestra en la Figura 3C), a lo largo del conducto de fluido 48, o puede ser totalmente omitida (como se

muestra en la Figura 3D). Como antes, el controlador puede hacer funcionar la válvula de alta presión 4 para controlar el aumento de la presión.

Con referencia ahora a la figura 4, según la invención, el subsistema 50 de intercambio de calor por CO₂ directo se puede configurar para proporcionar tanto enfriamiento como calentamiento para un edificio o zona del edificio usando el refrigerante CO₂ del sistema 100 de refrigeración por CO₂. Se muestra el subsistema 50 de intercambio de calor por CO₂ directo incluyendo todos los componentes descritos con referencia a las figuras 2A y 3A. Por ejemplo, se muestra el subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo incluyendo un conducto de fluido 44 que recibe el refrigerante CO₂ enfriado/condensado a alta presión del refrigerador/condensador de gas 2 y proporciona el refrigerante CO₂ enfriado/condensado a los tubos de refrigeración 54 dentro de los intercambiadores de calor 52. También se muestra el subsistema 50 de intercambio de calor por CO₂ directo incluyendo un conducto de fluido 48 que recibe el refrigerante CO₂ caliente a alta presión aguas arriba del enfriador/condensador de gas 2 y proporciona el refrigerante CO₂ caliente a los tubos de calentamiento 56 dentro de los intercambiadores de calor 52. Se contempla que la realización mostrada en la figura 4 pueda modificarse para incluir cualquier combinación de componentes y/o configuraciones mostradas en las figuras 2A-3D. Los componentes mostrados en la figura 4 pueden funcionar de la misma manera o de manera similar a la descrita anteriormente con referencia a las figuras 2A-3D. Ventajosamente, la disposición representada en la figura 4 puede permitir que el subsistema 50 de intercambio de calor por CO₂ directo proporcione calentamiento y/o enfriamiento para la zona del edificio.

Controlador del sistema de refrigeración por CO₂

Con referencia ahora a la figura 6, se muestra un controlador 106 para el sistema 100 de refrigeración por CO₂, según una realización de ejemplo. El controlador 106 puede recibir señales de datos electrónicas de uno o más dispositivos de medición (por ejemplo, sensores de presión, sensores de temperatura, sensores de flujo, etc.) situados dentro del sistema 100 de refrigeración por CO₂. El controlador 106 puede usar las señales de entrada para determinar acciones de control apropiadas para los dispositivos de control del sistema 100 de refrigeración por CO₂ (por ejemplo, compresores, válvulas, desviadores de flujo, fuentes de alimentación, etc.).

En algunas realizaciones, el controlador 106 está configurado para hacer funcionar la válvula de derivación de gas 8 y/o el compresor en paralelo 36 para mantener la presión del CO₂ dentro del depósito receptor 6 en un valor preestablecido deseado o dentro de un intervalo deseado. En algunas realizaciones, el controlador 106 hace funcionar la válvula de derivación de gas 8 y el compresor en paralelo 36 en base a la temperatura del refrigerante CO₂ a la salida del enfriador/condensador de gas 2. En otras realizaciones, el controlador 106 hace funcionar la válvula de derivación de gas 8 y el compresor en paralelo 36 en base a un caudal (por ejemplo, flujo másico, flujo volumétrico, etc.) de refrigerante CO₂ a través de la válvula de derivación de gas 8. El controlador 106 puede usar una posición de válvula de la válvula de derivación de gas 8 como un indicador para el caudal de refrigerante CO₂. En algunas realizaciones, el controlador 106 hace funcionar la válvula de alta presión 4, las válvulas de expansión 60, las válvulas de control 62, la válvula de tres vías 72, las válvulas de control 74 y/o la válvula de control 76 como se describe con referencia a las figuras 2A-3D.

El controlador 106 puede incluir la funcionalidad de control de retroalimentación para hacer funcionar de manera adaptativa los diversos componentes del sistema 100 de refrigeración por CO₂. Por ejemplo, el controlador 106 puede recibir un valor prefijado de una magnitud (por ejemplo, una temperatura prefijada, una presión prefijada, un caudal prefijado, un uso de potencia prefijado, etc.) y hacer funcionar uno o más componentes del sistema 100 para lograr el valor prefijado. El valor prefijado puede ser especificado por un usuario (por ejemplo, a través de un dispositivo de entrada de usuario, una interfaz gráfica de usuario, una interfaz local, una interfaz remota, etc.) o ser determinado automáticamente por el controlador 106 basándose en un historial de mediciones de datos. En algunas realizaciones, el controlador 106 incluye parte o la totalidad de la funcionalidad y/o de los componentes del controlador descrito en la solicitud de patente PCT Número PCT/US2014/036131, presentada el 30 de abril de 2014.

El controlador 106 puede ser un controlador proporcional e integral (PI), un controlador proporcional, integral y derivativo (PID), un controlador adaptativo de reconocimiento de patrones (PRAC), un controlador adaptativo de reconocimiento de modelos (MRAC), un controlador predictivo de modelos (MPC) o cualquier otro tipo de controlador que emplee cualquier tipo de funcionalidad de control. En algunas realizaciones, el controlador 106 es un controlador local para el sistema 100 de refrigeración por CO₂. En otras realizaciones, el controlador 106 es un controlador de supervisión para una pluralidad de subsistemas controlados (por ejemplo, un sistema de refrigeración, un sistema de aire acondicionado, un sistema de iluminación, un sistema de seguridad, etc.). Por ejemplo, el controlador 106 puede ser un controlador para un sistema integral de gestión de edificios que incorpora el sistema 100 de refrigeración por CO₂. El controlador 106 puede implementarse localmente, remotamente o como parte de un conjunto de aplicaciones de gestión de edificios alojado en la nube.

Todavía con referencia a la figura 6, se muestra que el controlador 106 incluye una interfaz de comunicaciones 150 y un circuito 160 de procesamiento. La interfaz de comunicaciones 150 puede ser o incluir interfaces cableadas o inalámbricas (por ejemplo, conectores, antenas, transmisores, receptores, terminales cableados, etc.) para realizar comunicaciones electrónicas de datos. Por ejemplo, la interfaz de comunicaciones 150 puede usarse para realizar comunicaciones de datos con la válvula de derivación de gas 8, el compresor en paralelo 36, las válvulas de expansión 60, las válvulas de control 62, la válvula de alta presión 4, diversos dispositivos de adquisición de datos

dentro del sistema 100 de refrigeración por CO₂ (por ejemplo, sensores de temperatura, sensores de presión, sensores de flujo, etc.) y/u otros dispositivos externos o fuentes de datos. Las comunicaciones de datos pueden llevarse a cabo a través de una conexión directa (por ejemplo, una conexión cableada, una conexión inalámbrica ad hoc, etc.) o una conexión de red (por ejemplo, una conexión de Internet, una conexión de LAN, WAN o WLAN, etc.). Por ejemplo, la interfaz de comunicaciones 150 puede incluir una tarjeta Ethernet y un puerto para enviar y recibir datos a través de un enlace o red de comunicaciones basado en Ethernet. En otro ejemplo, la interfaz de comunicaciones 150 puede incluir un transceptor WiFi o un transceptor de telefonía móvil o celular para comunicarse a través de una red de comunicaciones inalámbricas.

Se muestra el circuito 160 de procesamiento incluyendo un procesador 162 y una memoria 170. El procesador 162 puede implementarse como un procesador para todo uso, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una o más matrices de puertas lógicas programables en campo (FPGA), un grupo de componentes de procesamiento, un microcontrolador u otros componentes de procesamiento electrónico adecuados. La memoria 170 (por ejemplo, dispositivo de memoria, unidad de memoria, dispositivo de almacenamiento, etc.) puede ser uno o más dispositivos (por ejemplo, RAM, ROM, memoria de estado sólido, almacenamiento en disco duro, etc.) para almacenar datos y/o código informático para completar o facilitar los diversos procesos, capas y módulos descritos en la presente solicitud. La memoria 170 puede ser o incluir memoria volátil o memoria no volátil. La memoria 170 puede incluir componentes de base de datos, componentes de código de objeto, componentes de script o cualquier otro tipo de estructura de información para soportar las diversas actividades y estructuras de información descritas en la presente solicitud. Según una realización de ejemplo, la memoria 170 está conectada de forma comunicable al procesador 162 a través del circuito 160 de procesamiento e incluye código informático para ejecutar (por ejemplo, mediante el circuito 160 de procesamiento y/o el procesador 162) uno o más procesos o características de control descritos en el presente documento.

Configuración de realizaciones de ejemplo

La construcción y disposición del sistema de refrigeración por CO₂ tal como se muestran en las diversas realizaciones de ejemplo son solo ilustrativas. Aunque solo se han descrito unas pocas realizaciones en detalle en esta descripción, los expertos en la técnica que examinan esta descripción se darán cuenta fácilmente que son posibles muchas modificaciones (por ejemplo, variaciones en tamaños, dimensiones, estructuras, formas y proporciones de los diversos elementos, valores de parámetros, disposiciones de montaje, uso de materiales, colores, orientaciones, etc.) sin apartarse materialmente de las enseñanzas novedosas y de las ventajas de la materia objeto descrita en el presente documento. Por ejemplo, los elementos mostrados como formados totalmente pueden construirse con múltiples partes o elementos, la posición de los elementos puede invertirse o variarse de otro modo, y la naturaleza o número de elementos o posiciones discretos puede alterarse o variarse. El orden o secuencia de cualquier proceso o etapas del método puede variarse o volver a secuenciarse según realizaciones alternativas. Otras sustituciones, modificaciones, cambios y omisiones también pueden hacerse en el diseño, condiciones operativas y disposición de las diversas realizaciones de ejemplo sin apartarse del alcance de la presente invención, que se define únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

Tal como se utilizan en el presente documento, los términos "aproximadamente", "alrededor de", "sustancialmente" y términos similares pretenden tener un significado amplio en armonía con el uso común y aceptado por los expertos en la técnica a la que pertenece la materia objeto de esta divulgación. Los expertos en la materia que examinan esta descripción deben entender que estos términos pretenden permitir una descripción de ciertas características descritas y reivindicadas sin restringir el alcance de estas características a los intervalos numéricos precisos proporcionados. Por consiguiente, estos términos deberían interpretarse como indicativos de que las modificaciones o alteraciones instantáneas o sin consecuencias de la materia objeto descrita y reivindicada se consideran dentro del alcance de la invención tal como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

Los términos "acoplado", "conectado" y similares, tal como se usan en el presente documento, significan la unión de dos miembros o partes directa o indirectamente entre sí. Tal unión puede ser estacionaria (por ejemplo, permanente) o móvil (por ejemplo, extraíble o liberable). Tal unión puede conseguirse con los dos miembros o partes o los dos miembros y cualesquiera miembros o partes intermedios adicionales de modo que se conformen íntegramente entre sí como un cuerpo unitario único o con los dos miembros o los dos miembros o partes y cualesquiera miembros intermedios adicionales de modo que estén unidos entre sí.

Las referencias en el presente documento a las posiciones de elementos (por ejemplo, "superior", "inferior", "por encima", "por debajo", etc.) se usan simplemente para describir la orientación de diversos elementos en las figuras. Debería entenderse que la orientación de diversos elementos puede diferir según otras realizaciones a modo de ejemplo, y que se pretende que tales variaciones estén englobadas por la presente divulgación.

La presente divulgación contempla métodos, sistemas y productos de programa en memorias u otros medios legibles por máquina para lograr diversas operaciones. Las realizaciones de la presente divulgación pueden implementarse usando procesadores informáticos existentes, o mediante un procesador informático con un objetivo especial para un sistema apropiado, incorporado para este u otro propósito, o mediante un sistema cableado. Las realizaciones dentro del alcance de la presente divulgación incluyen productos de programa o memorias que incluyen medios legibles por máquinas para transportar o tener instrucciones ejecutables por máquinas o estructuras de datos almacenadas en los mismos. Tales medios legibles por máquina pueden ser cualquier medio disponible al que pueda accederse mediante

- 5 un ordenador para todo uso o bien específico u otra máquina con un procesador. A modo de ejemplo, tales medios legibles por máquina pueden comprender RAM, ROM, EPROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda usarse para transportar o almacenar código de programa deseado en forma de instrucciones ejecutables por máquina o estructuras de datos y al que pueda accederse mediante un ordenador genérico o específico u otra máquina con un procesador. Las combinaciones de lo anterior también se incluyen dentro del alcance de los medios legibles por máquina. Las instrucciones ejecutables por máquina incluyen, por ejemplo, instrucciones y datos que hacen que un ordenador genérico, ordenador específico para un uso concreto o máquinas de procesamiento para un uso concreto realicen una determinada función o grupo de funciones.

10

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de refrigeración por CO₂ que comprende:

- 5 un subsistema de refrigeración por CO₂ (100) configurado para proporcionar enfriamiento a una carga de refrigeración utilizando dióxido de carbono (CO₂) como refrigerante, comprendiendo el subsistema de refrigeración por CO₂ (100) al menos un compresor (14), un enfriador/condensador de gas (2), una válvula de expansión (11, 21), y un evaporador (12, 22) conectados en serie por conductos (1, 3, 5, 9, 13, 23, 25), en el que el evaporador (12, 22) está configurado de tal manera que el calor absorbido en el evaporador (12, 22) proporciona enfriamiento para la carga de refrigeración;
- 10 un subsistema de intercambio directo de calor por CO₂ (50) configurado para utilizar el refrigerante CO₂ procedente del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) para proporcionar calefacción o refrigeración a una zona de un edificio, comprendiendo el subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50):
- un intercambiador de calor (54, 56) configurado para intercambiar calor directamente entre el refrigerante CO₂ y el flujo de aire proporcionado a la zona del edificio;
- 15 al menos una línea (44, 48) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) al intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50);
- al menos una línea (46, 49) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) de vuelta al subsistema de refrigeración por CO₂ (100); y
- 20 una válvula (60, 62, 74) situada a lo largo de al menos una línea (44, 48) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) al intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50), estando configurada la válvula (60, 62, 74) para hacerla funcionar de modo que controle la cantidad del refrigerante CO₂ que se proporciona al intercambiador de calor (54, 56); y
- 25 un controlador (106) configurado para monitorizar la temperatura de la zona del edificio y para hacer funcionar la válvula (60, 62, 74) basándose en la temperatura de la zona del edificio,
- en donde la al menos una línea (44, 48) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) al intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) y la al menos una línea (46, 49) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) de vuelta al subsistema de
- 30 refrigeración por CO₂ (100) comprende al menos uno de los elementos siguientes:
- (i) una línea (48) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) aguas abajo del al menos un compresor (14) y aguas arriba del enfriador/condensador de gas (2) al intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50), y una línea (49) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ desde el intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) de vuelta al subsistema de refrigeración por CO₂ (100) aguas
- 35 abajo del al menos un compresor (14) y aguas arriba del enfriador/condensador de gas (2); y
- (ii) una línea (44) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ desde el subsistema de refrigeración por CO₂ (100) aguas abajo del enfriador/condensador de gas (2) y aguas arriba de la válvula de expansión (11, 21) al intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50), y una
- 40 línea (46) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ desde el intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) de vuelta al subsistema de refrigeración por CO₂ (100) aguas abajo del enfriador/condensador de gas (2) y aguas arriba del al menos un compresor (14).

2. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 1, en el cual la serie de líneas del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) comprende una línea de refrigerante enfriado (3);

- 45 en el que el enfriador/condensador de gas (2) se configura para enfriar el refrigerante CO₂ y para descargar el refrigerante CO₂ en la línea de refrigerante enfriado (3);
- en el que el subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) se configura para recibir el refrigerante CO₂ enfriado de la línea de refrigerante enfriado (3) y suministrar el refrigerante CO₂ enfriado al intercambiador de calor (54, 56) a través de la al menos una línea (44) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) al intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) para asegurar el enfriamiento de la zona del edificio.
- 50

3. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 2, en el que la al menos una línea (44, 48) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) al intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) es una línea de entrada de refrigerante enfriado (44)

configurada para conectar la línea de refrigerante enfriado (3) al intercambiador de calor (54, 56); y

en el que la válvula (60, 62, 74) es una válvula de expansión (60) situada a lo largo de la línea de entrada de refrigerante enfriado (44) aguas arriba del intercambiador de calor (54, 56).

5 4. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 3, en el que el controlador (106) se configura para determinar la cantidad de sobrecalentamiento del refrigerante CO₂ enfriado y hacer funcionar la válvula de expansión (60) en base a la cantidad determinada de sobrecalentamiento.

10 5. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 3, en el que la serie de líneas del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) comprende una línea de refrigerante expandido (5) y una válvula de alta presión (4), estando configurada la válvula de alta presión (4) para: recibir el refrigerante CO₂ enfriado de la línea de refrigerante CO₂ enfriado (3), expandir el refrigerante CO₂ enfriado y descargar el refrigerante CO₂ expandido en la línea de refrigerante expandido (5);

en el que el controlador (106) está configurado para monitorizar una posición de la válvula de alta presión (4) y para hacer funcionar la válvula de expansión (60) basándose en la posición de la válvula de alta presión (4).

15 6. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 2, en el que la serie de líneas del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) comprende una línea de refrigerante expandido (5) y una válvula de alta presión (4), estando configurada la válvula de alta presión (4) para: recibir el refrigerante CO₂ enfriado de la línea de refrigerante enfriado (3), expandir el refrigerante CO₂ enfriado y descargar el refrigerante CO₂ expandido en la línea de refrigerante expandido (5);

20 en el que la al menos una línea (46, 49) está configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) de vuelta al subsistema de refrigeración por CO₂ (100) es una línea de descarga (46) configurada para recibir el refrigerante CO₂ del intercambiador de calor (54, 56) y para descargar el refrigerante CO₂ en la línea de refrigerante expandido (5).

7. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 6, en el que el subsistema de refrigeración por CO₂ (100) comprende además un receptor (6) configurado para separar el refrigerante CO₂ expandido en refrigerante CO₂ líquido y refrigerante CO₂ gaseoso; y

en el que la línea de refrigerante expandido (5) está configurada para conectar la válvula de alta presión (4) al receptor (6).

25 8. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 1, en el que la serie de líneas del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) comprende una línea de refrigerante comprimido caliente (1);

en el que el al menos un compresor (14) está configurado para comprimir el refrigerante CO₂ hasta un estado de alta temperatura y alta presión y para descargar el refrigerante comprimido caliente en la línea (1) de refrigerante comprimido caliente;

30 en el que el subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) está configurado para recibir el refrigerante CO₂ comprimido caliente de la línea de refrigerante comprimido caliente (1) y para suministrar el refrigerante CO₂ comprimido caliente al intercambiador de calor (54, 56) a través de la al menos una línea (48) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ desde el subsistema de refrigeración por CO₂ (100) al intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) para proporcionar calentamiento a la zona del edificio.

35 9. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 8, en el que la al menos una línea (44, 48) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del subsistema de refrigeración por CO₂ (100) al intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) es una línea de entrada de refrigerante caliente (48) configurada para recibir el refrigerante CO₂ comprimido caliente de la línea de refrigerante comprimido caliente (1) y para proporcionar el refrigerante CO₂ comprimido caliente al intercambiador de calor (54, 56); y

40 en el que la al menos una línea (46, 49) configurada para proporcionar el refrigerante CO₂ del intercambiador de calor (54, 56) del subsistema de intercambio de calor por CO₂ directo (50) de vuelta al subsistema de refrigeración por CO₂ (100) es una línea de descarga de refrigerante caliente (49) configurada para recibir el refrigerante CO₂ del intercambiador de calor (54, 56) y para proporcionar el refrigerante CO₂ a la línea de refrigerante comprimido caliente (1).

45 10. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 9, en el que la válvula (60, 62, 74) es una válvula de control (62, 74) que puede funcionar para controlar la cantidad del refrigerante CO₂ comprimido caliente proporcionado al intercambiador de calor (54, 56).

50 11. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 10, en el que la válvula de control (62, 74) es una válvula de tres vías (62) configurada para recibir el refrigerante CO₂ comprimido caliente de la línea de entrada de refrigerante caliente (48) y para dirigir el refrigerante CO₂ comprimido caliente al intercambiador de calor (54, 56) o a la línea de descarga de refrigerante caliente (49) en base a una posición de la válvula de control (62).

12. El sistema de refrigeración por CO₂ de la reivindicación 11, en el que el controlador (106) está configurado para determinar la diferencia entre la temperatura del refrigerante CO₂ comprimido caliente y la temperatura de la zona del edificio y para hacer funcionar la válvula de control (62, 74) en base a la diferencia.

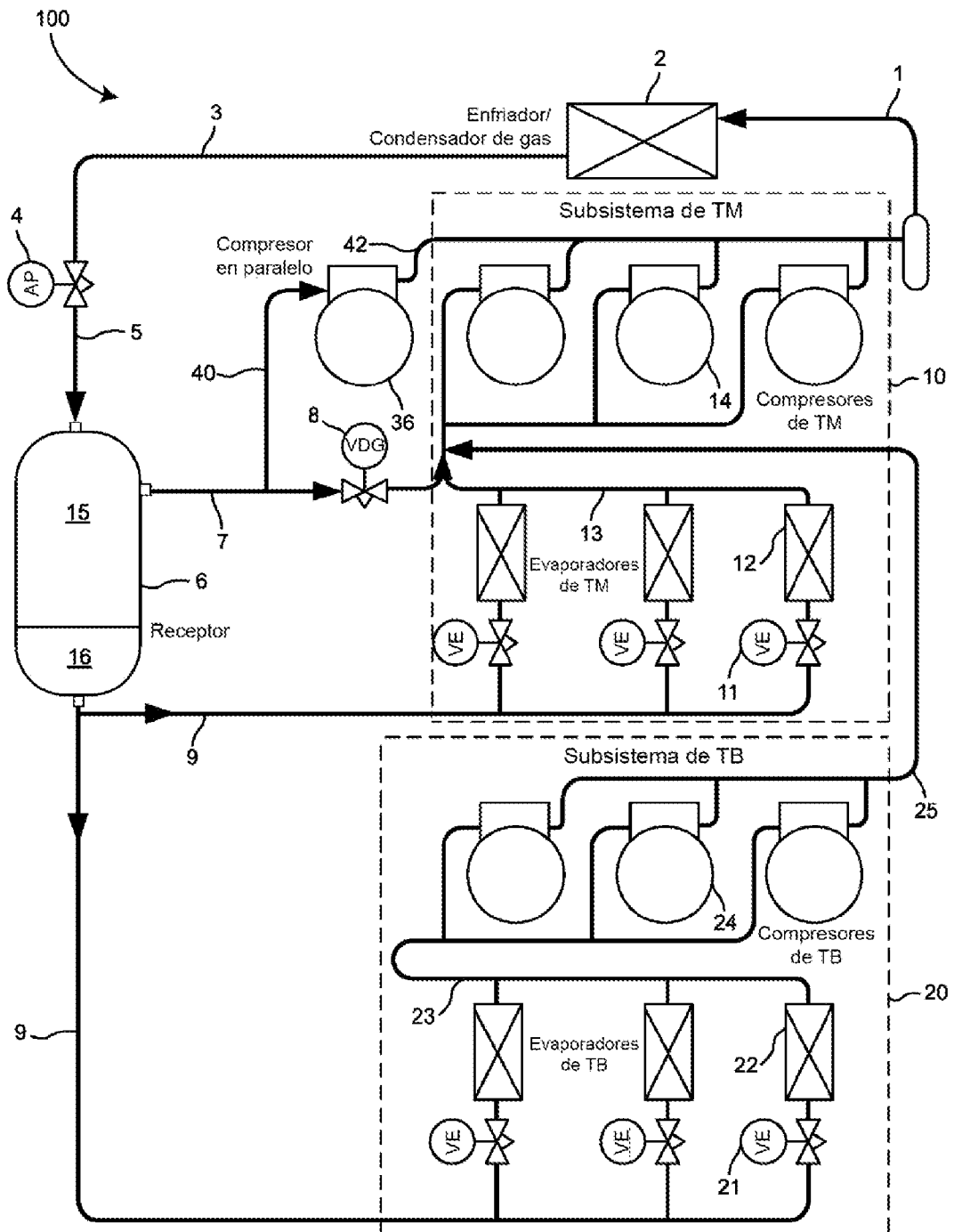
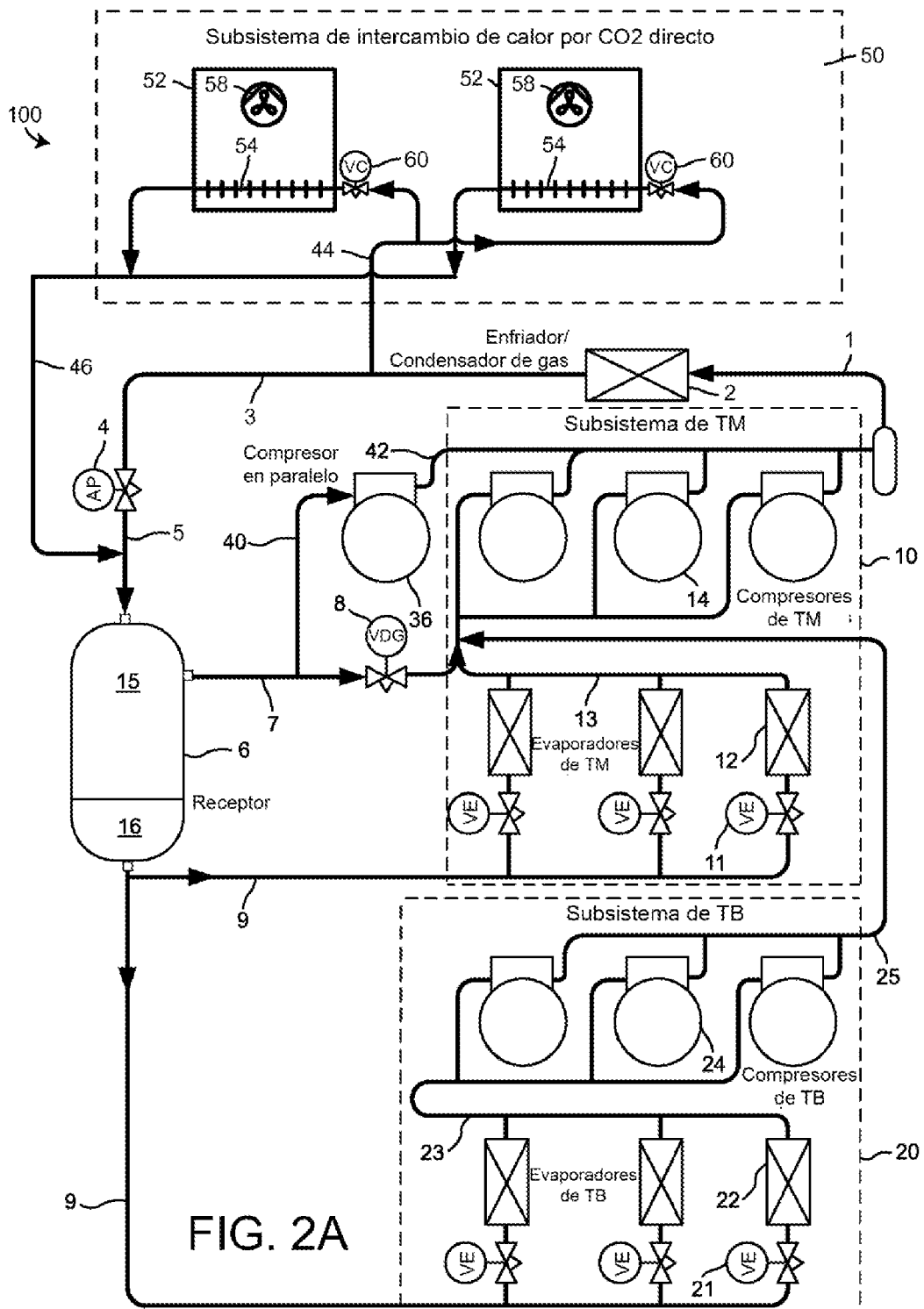
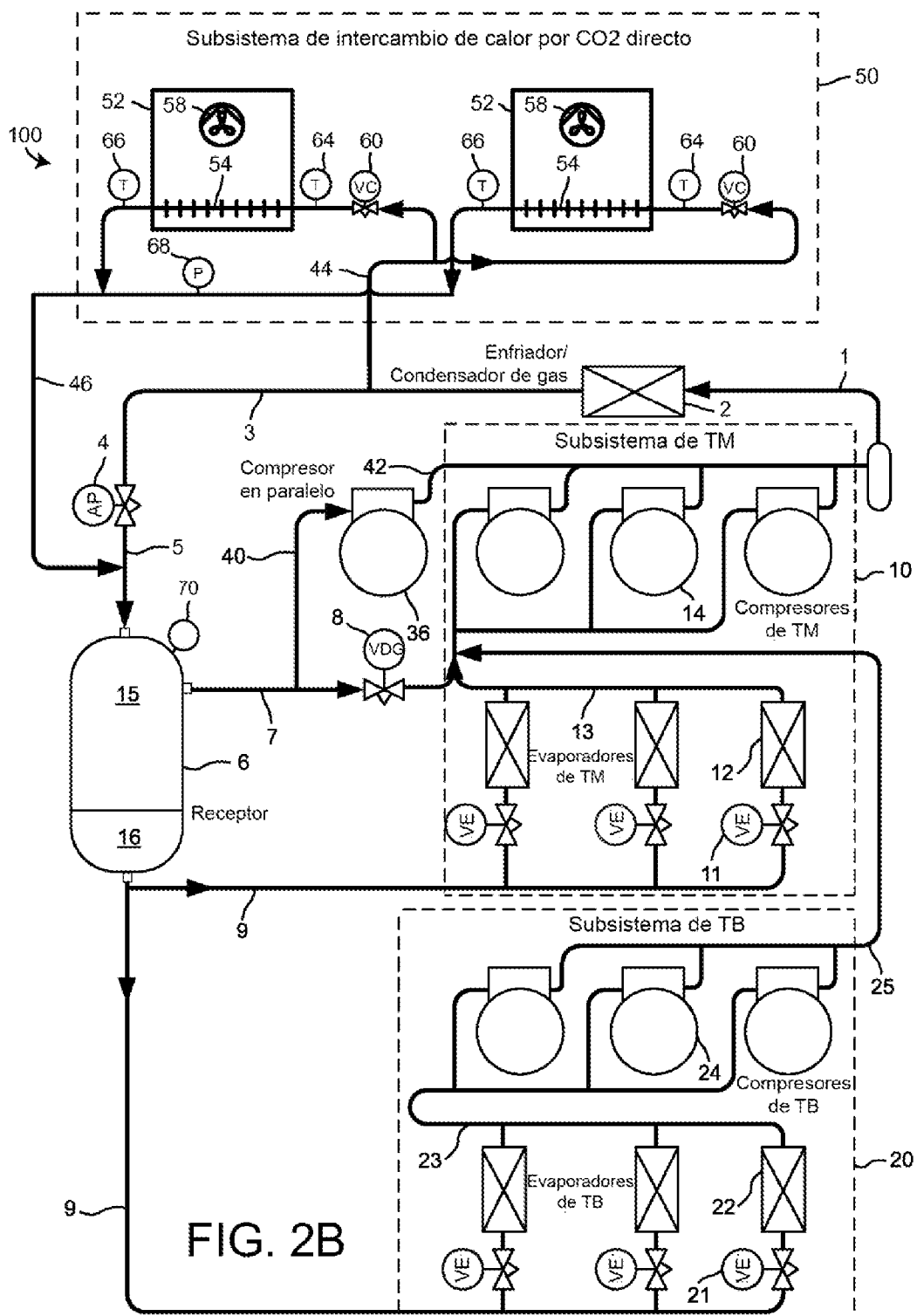
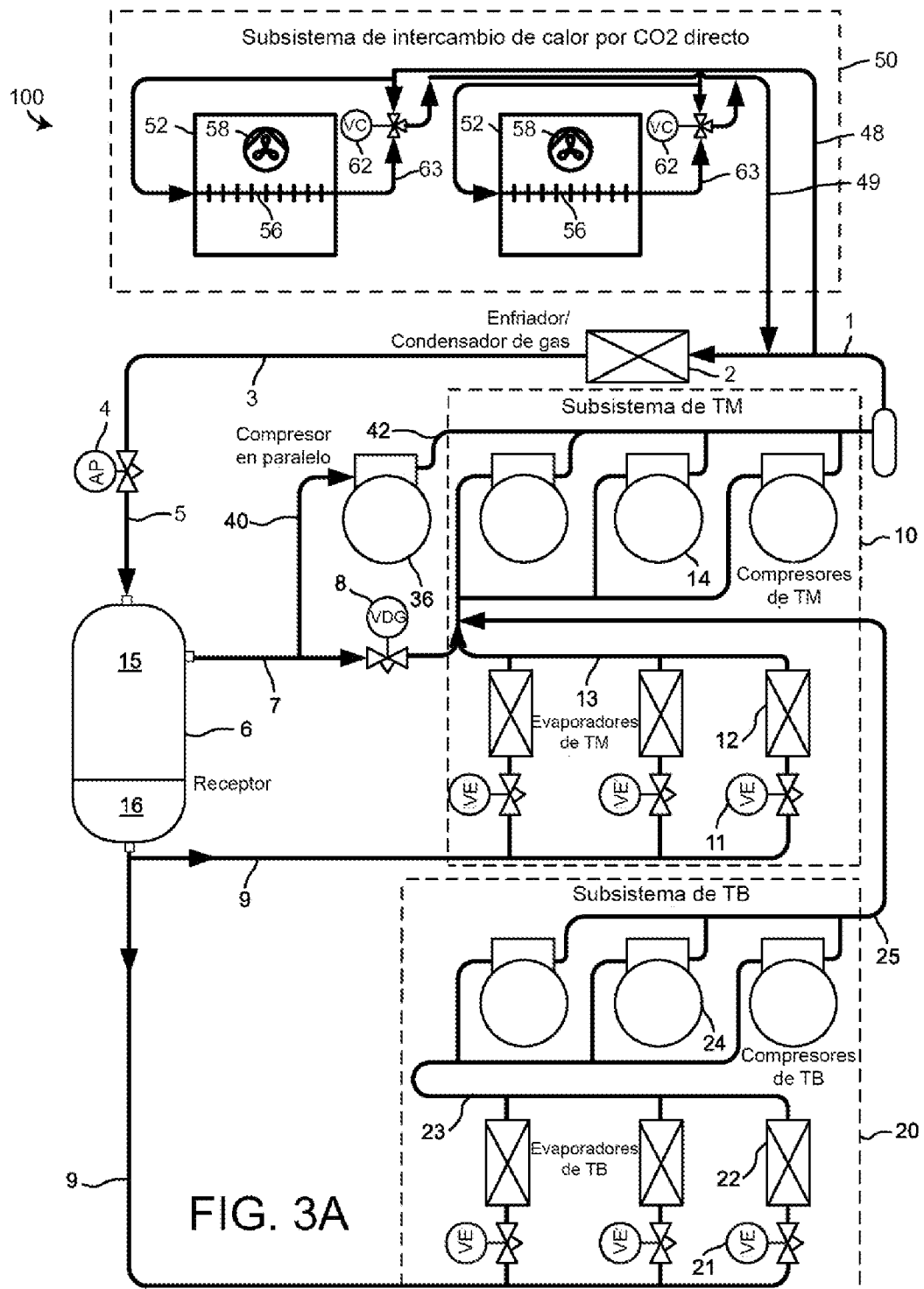
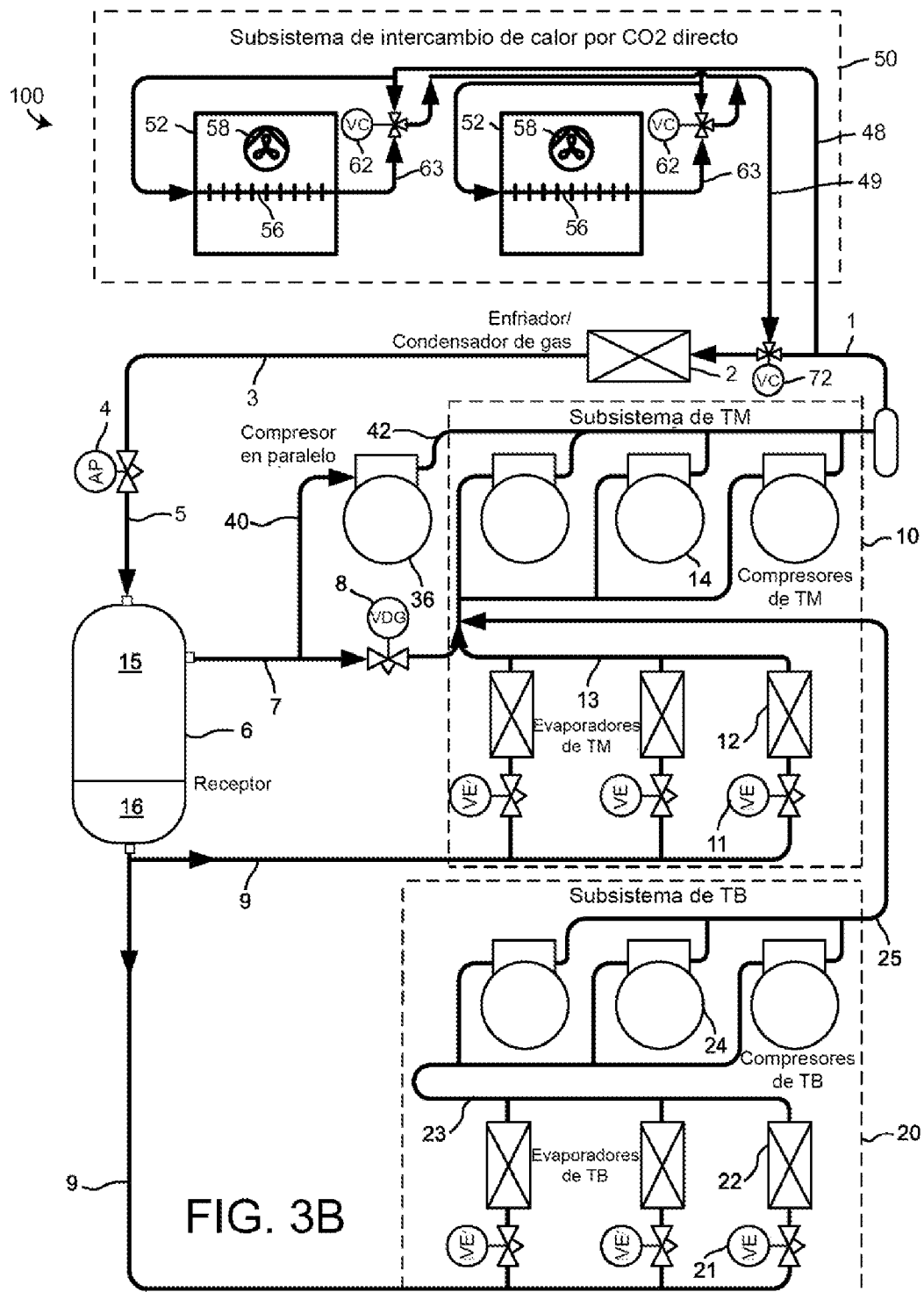


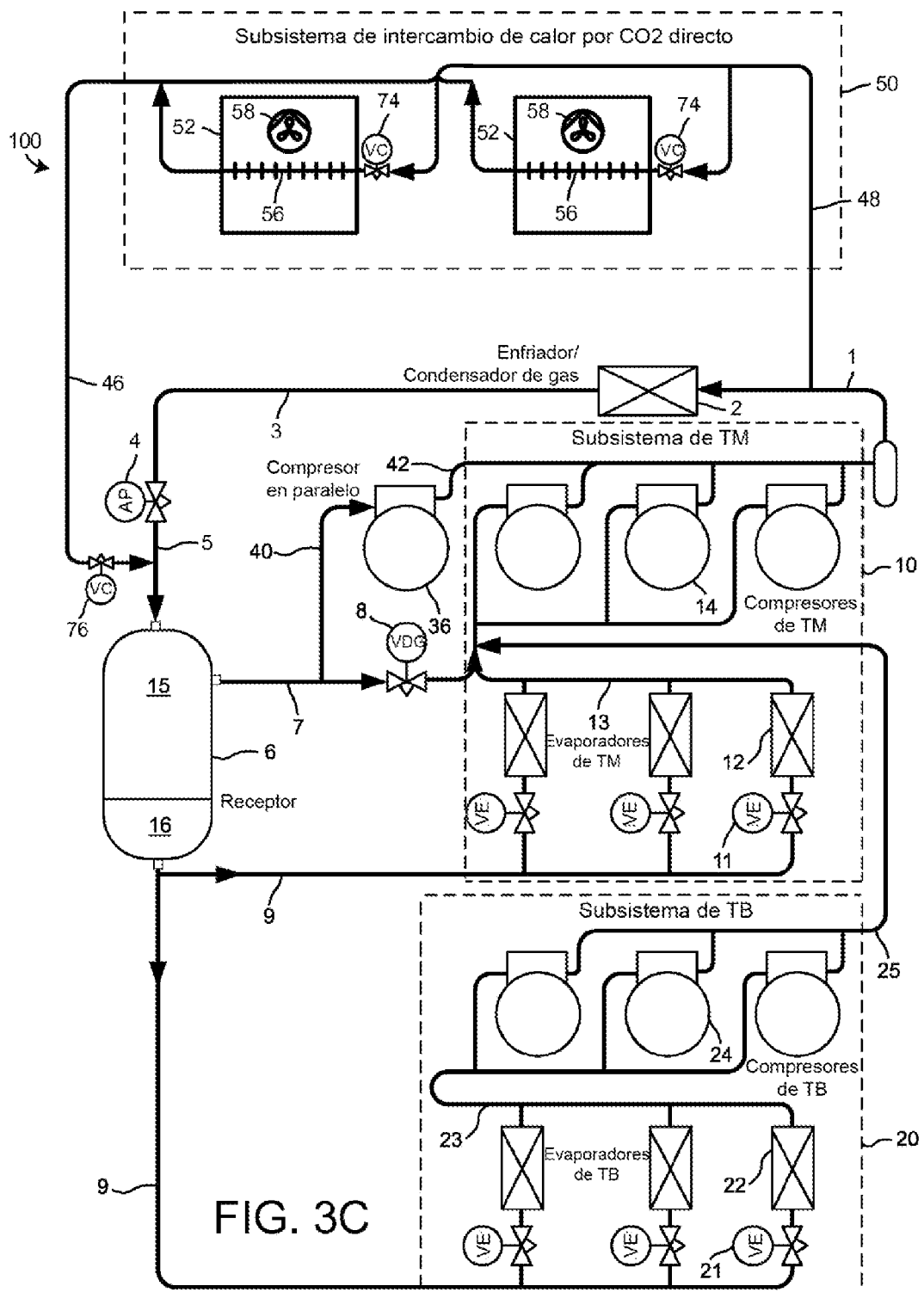
FIG. 1

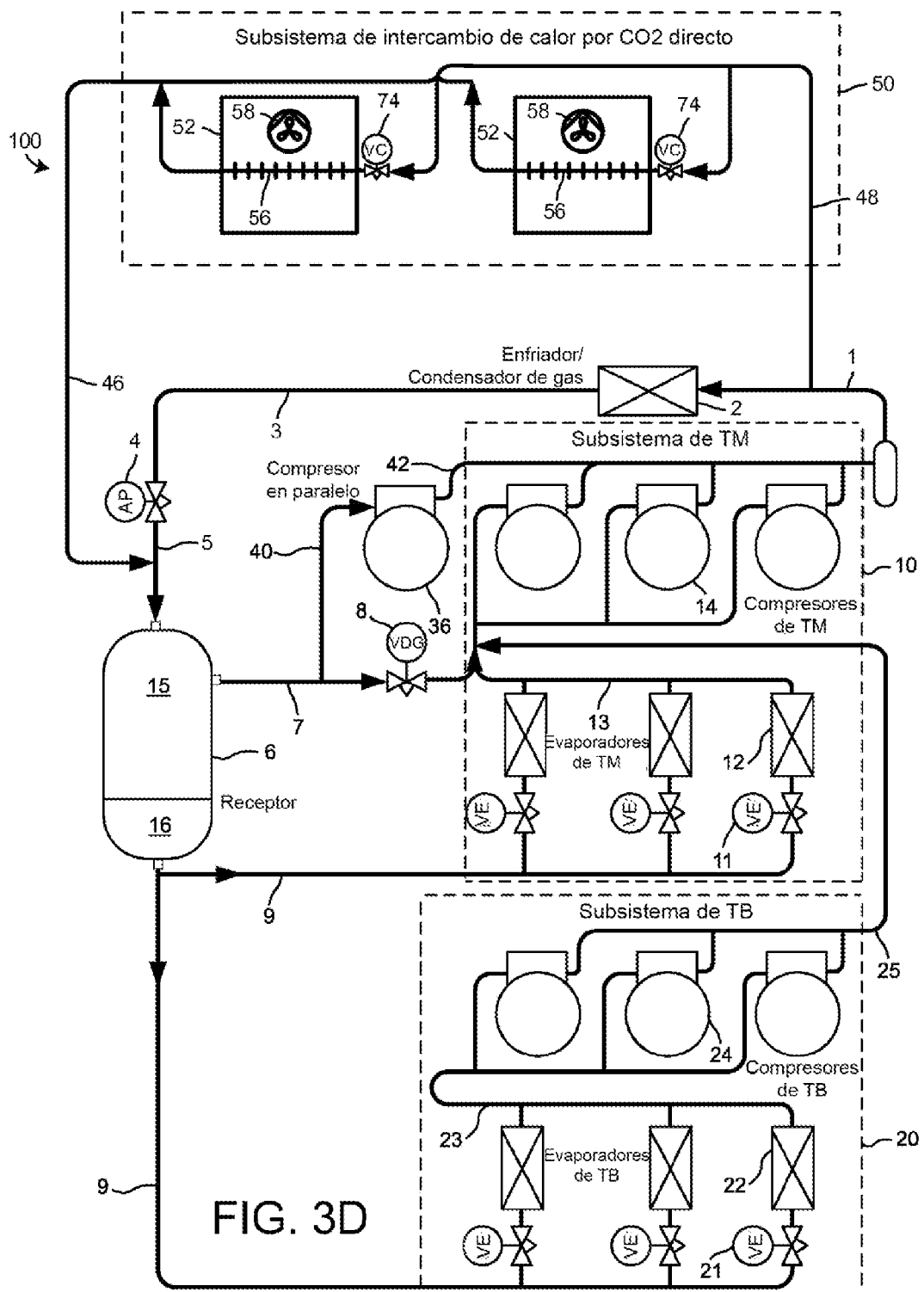


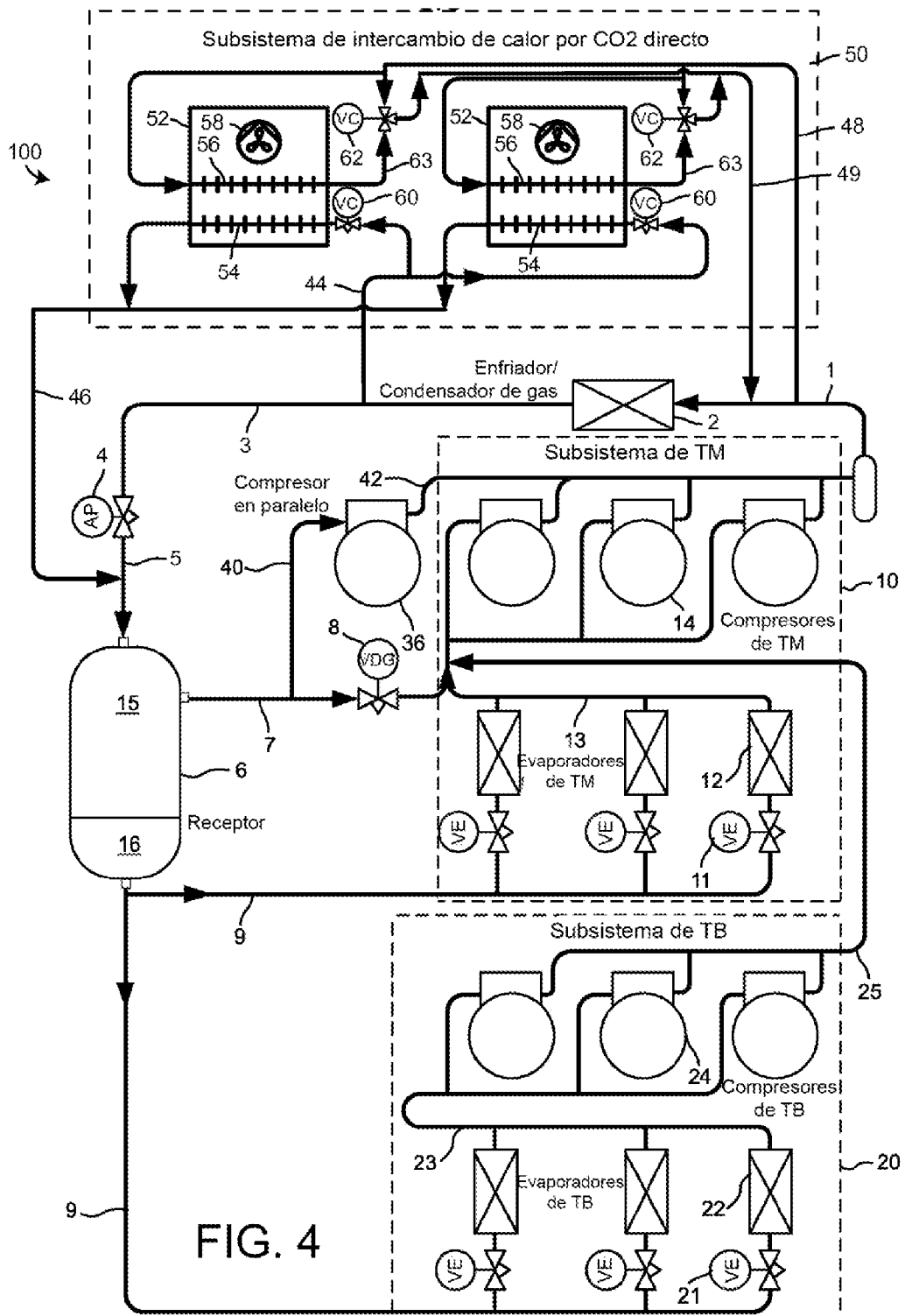












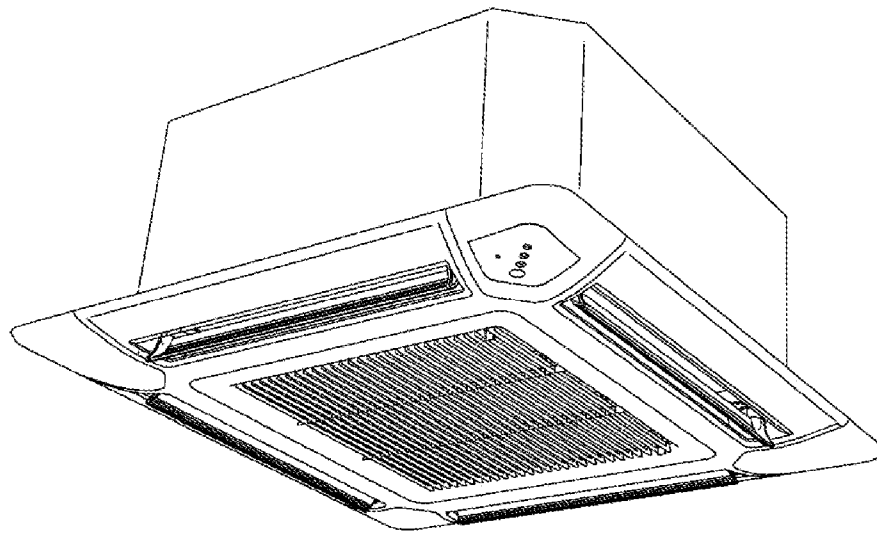


FIG. 5

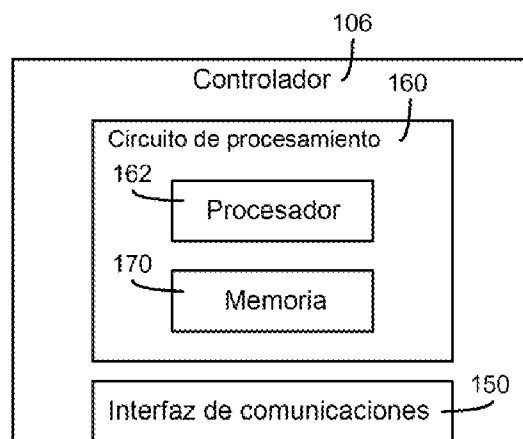


FIG. 6