

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 932**

51 Int. Cl.:

A61M 16/10 (2006.01)

B01D 53/14 (2006.01)

B01D 53/047 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2015 PCT/US2015/022970**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2015 WO15148911**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2015 E 15770044 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019 EP 3122411**

54 Título: **Control del ciclo de tiempo del concentrador de oxígeno en base al caudal de salida de oxígeno**

30 Prioridad:

28.03.2014 US 201461971632 P

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

26.02.2020

73 Titular/es:

**CAIRE INC. (100.0%)
2200 Airport Industrial Drive, Suite 500
Ball Ground, GA 30107, US**

72 Inventor/es:

HART, BEAU

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 744 932 T3

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

DESCRIPCIÓN

Control del ciclo de tiempo del concentrador de oxígeno en base al caudal de salida de oxígeno

Antecedentes

- 5 Los concentradores de oxígeno, en general, permiten a un usuario (por ejemplo, un paciente) ajustar un caudal de oxígeno en base a la recomendación de un médico. De manera mecánica, estos concentradores de oxígeno incorporan esquemas de control para ajustar el caudal de oxígeno. Los concentradores de oxígeno típicamente incluyen un compresor, para comprimir el aire ambiente para soportar la producción de oxígeno, uno o más lechos de tamiz molecular, para concentrar el oxígeno y un depósito de oxígeno, para almacenar el oxígeno concentrado.
- 10 Los esquemas de control tradicionales para los concentradores de oxígeno de este tipo incorporan una alta presión en lechos de tamiz molecular a bajos caudales de oxígeno, debido a las bajas cantidades de producto de oxígeno que salen del depósito de oxígeno. Esto aumenta la carga en el compresor, acortando con ello la vida útil del compresor que limita el producto. Además, los esquemas de control tradicionales ajustan el caudal de oxígeno a la vez que realizan funciones de producción de oxígeno de acuerdo con ciclos de tiempo preestablecidos fijos, los cuales, en general, incluyen una etapa preestablecida de ciclo de alta presión y una etapa preestablecida de ciclo de baja presión. El tiempo de ciclo fijo reduce de manera desventajosa la pureza del oxígeno suministrado a caudales bajos, mediante la retención del argón en el interior del oxígeno producido y, de manera desventajosa, transporta nitrógeno a caudales altos. Además, los ciclos fijos no están optimizados para todos los caudales de gas de salida o para cualquier variación en las condiciones del aire ambiente, tal como la temperatura o la presión asociadas con la altitud.
- 20 El documento WO 2013/038299 describe un concentrador de oxígeno portátil para almacenar gas enriquecido con oxígeno y entregar el gas enriquecido a un sujeto en función de las características de respiración determinadas por el sujeto.

Compendio

La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

- 25 Un circuito de control incluye un microprocesador de un dispositivo de adsorción por oscilación de la presión que enriquece un flujo de un gas extraído de una mezcla de gases; tal como un concentrador de oxígeno. El microprocesador controla el funcionamiento de un controlador de válvula en base a dos o más de: un caudal de oxígeno ajustable por el usuario suministrado por el concentrador de oxígeno a un usuario (por ejemplo, un paciente), una temperatura ambiente y una presión ambiental. El funcionamiento del controlador controla además la adsorción de varios gases (por ejemplo, nitrógeno) por lechos de tamiz del concentrador de oxígeno, para producir gas producto de oxígeno de alta pureza.

- 35 Asimismo, se describen productos de programas informáticos que comprenden instrucciones de almacenamiento en medios no transitorios legibles por ordenador, los cuales, cuando son ejecutados al menos por un procesador de datos de uno o más sistemas informáticos, hacen que, al menos, un procesador de datos realice las operaciones indicadas en el presente documento. De manera similar, también se describen sistemas informáticos que pueden incluir uno o más procesadores de datos, y una memoria acoplada a uno o más procesadores de datos. La memoria puede almacenar, de manera temporal o permanente, instrucciones que hacen que al menos un procesador realice una o más de las operaciones descritas en el presente documento. Además, los métodos pueden ser implementados por uno o más procesadores de datos en un solo sistema informático, o estar distribuidos entre dos o más sistemas informáticos.

- 45 El tema descrito en este documento proporciona muchas ventajas. Por ejemplo, el esquema de control permite optimizar el ciclo de tiempo del concentrador de oxígeno para todos los valores de caudal en todo el rango de configuración del caudal, que puede estar comprendido, por ejemplo, entre 0,5 litros por minuto y 5 litros por minuto. El ciclo optimizado resulta en que el concentrador de oxígeno produzca oxígeno con mayor pureza que los concentradores convencionales para todos los valores de caudal y, especialmente, para el mejor rendimiento del caudal alto, especialmente en los extremos del rango de configuración del caudal. El oxígeno de mayor pureza es más beneficioso para los pacientes que el oxígeno con menor pureza, tal como lo producen los concentradores tradicionales. Además, el esquema de control permite bajos caudales de oxígeno. Estos caudales bajos imponen una carga de baja presión en el compresor debido a los rápidos ciclos optimizados, lo que aumenta la fiabilidad del compresor. Puesto que el compresor es, habitualmente, uno de los componentes del concentrador de oxígeno que requiere reparación con mayor frecuencia, la mayor confiabilidad del compresor puede proporcionar un importante ahorro de coste, así como proporcionar una mayor calidad funcional del concentrador de oxígeno, incluso en una amplia gama de condiciones de temperatura ambiente y presión.

En un aspecto, se describe un sistema concentrador de gas según la reivindicación 1.

- 55 Los detalles de una o más variaciones del tema descrito en el presente documento se muestran en los dibujos adjuntos y en la descripción que sigue. Otras características y ventajas del tema descrito en el presente documento

serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos, y de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra un concentrador de oxígeno que ejecuta un circuito de control para controlar el caudal de oxígeno producido por el concentrador de oxígeno;

5 la figura 2 ilustra un circuito de control del concentrador de oxígeno; y

la figura 3 ilustra una implementación alternativa del circuito de control del concentrador de oxígeno.

Símbolos de referencia iguales en los diversos dibujos indican elementos similares.

Descripción detallada

10 Se da a conocer un sistema concentrador de gas que incluye un controlador, que controla de manera selectiva, al menos, porciones del ciclo de una mezcla de gas a presión a través de dos o más lechos de tamiz en base, al menos, a dos de un caudal de gas medido, una temperatura ambiente medida y una presión ambiental medida, con el fin de reducir u optimizar las presiones y la carga asociadas del compresor, para obtener la mejor eficiencia, coste, tamaño u otro parámetro de diseño de interés, o una combinación de los mismos. El controlador puede variar los tiempos de ciclo y los tiempos de conmutación entre un modo de presurización, un modo de ecualización y un modo de ventilación, para reducir las presiones máximas y la carga del compresor. En una realización, el sistema incluye 15 dos o más válvulas independientes, que controlan el caudal de una mezcla de gas a presión a los lechos de tamiz. A este respecto, el controlador controla de manera selectiva las dos o más válvulas, para controlar cualquiera de los períodos de presurización y ventilación de los lechos de tamiz en base, al menos, a dos de un caudal medido, la temperatura ambiente y la presión ambiental. El sistema incluye, además, un compresor de gas que recibe y comprime 20 aire ambiente para proporcionar un suministro de mezcla de gas a presión a un par de lechos de tamiz de separación de gas, que adsorben un tipo de gas de la mezcla de gas a presión para proporcionar un producto de gas enriquecido.

25 El sistema se describe en el presente documento utilizando un ejemplo no limitativo, en el que el producto de gas enriquecido es oxígeno o nitrógeno, aunque el producto de gas enriquecido puede variar y puede ser cualquiera de una variedad de gases. En un ejemplo no limitativo, el sistema se utiliza para dirigir un gas, tal como el oxígeno, a un paciente, para su inhalación. En otro ejemplo no limitativo, el nitrógeno es dirigido a un sistema de suministro de bebidas. En otro ejemplo no limitativo, el producto de gas enriquecido es metano, y el metano es dirigido a un condensador.

30 La figura 1 ilustra un diagrama esquemático de un sistema concentrador de gas en el que un compresor aplica gas a presión a dos o más elementos de separación, tales como lechos de tamiz, para adsorber, al menos, un tipo de gas del gas a presión, para proporcionar un producto de gas enriquecido. Con el propósito de descripción, el sistema se describe en un contexto de ejemplo de ser un sistema concentrador de oxígeno que atraviesa una mezcla de gas a presión para el suministro de oxígeno a través de un par de lechos de tamiz que bloquean la circulación de nitrógeno. Se debe apreciar que este es un ejemplo y que el sistema no está limitado para su utilización como 35 concentrador de oxígeno.

Haciendo referencia a la figura 1, el sistema 100 incluye una entrada de gas 101 a través de la cual un gas, tal como el aire ambiente, puede fluir hacia el sistema 100. El sistema incluye, además, una salida 103 a través de la cual se puede suministrar un producto de gas tal como a un paciente. El sistema incluye una o más líneas de fluido con lúmenes a través de los cuales el gas puede fluir desde la entrada hacia la salida. Un par de lechos de tamiz 110 (u 40 otros elementos de separación de gas) están dispuestos a lo largo de la ruta de la circulación, entre la entrada de gas 101 y la salida de gas 103. Se debe apreciar que se pueden utilizar más de dos lechos de tamiz en el sistema. Las válvulas de control de fluido 108 regulan el caudal de gas a los lechos de tamiz 110, tal como se describe con más detalle a continuación. Las válvulas de control 108 pueden ser de una variedad de tipos que incluyen, por ejemplo, válvulas solenoides o válvulas rotativas.

45 Las válvulas 108 están acopladas en comunicación a un controlador de válvula 134 que está acoplado a un microprocesador 132. Además, el sistema 100 incluye un sensor de temperatura ambiente 124 y un sensor de presión ambiental 130 que están acoplados al sistema 100 y/o al controlador de válvula 134. El sistema incluye, además, un sensor de caudal 122, que mide el caudal de gas hacia la salida de gas 103. Tal como se describe con más detalle a continuación, el controlador 134 controla de manera selectiva los períodos de presurización, ecualización y ventilación de los lechos de tamiz en base, al menos, a al menos dos del caudal medido, una 50 temperatura ambiente medida y la presión ambiental medida. El controlador puede controlar los períodos de tiempo de presurización, ecualización y/o ventilación de los lechos de tamiz independientes entre sí dentro de un ciclo, además del tiempo de ciclo general para cualquier combinación de presurización, ecualización y ventilación.

55 El sistema 100 también puede incluir otros componentes que ayudan en el funcionamiento de la concentración de gas. Por ejemplo, un compresor de aire 104 está dispuesto en la línea de circulación entre la entrada de aire 102 y los lechos de tamiz 110. El compresor de aire 104 comprime o presuriza el aire de la entrada antes de su entrada en

los lechos de tamiz 110. También se puede colocar un filtro 102 en la línea de circulación para filtrar el gas. El sistema 100 incluye, asimismo, una salida de purga o ventilación 106 a través de la cual se puede extraer del sistema un gas rico en nitrógeno, tal como se describe más detalladamente a continuación.

5 Haciendo referencia aún a la figura 1, los lechos de tamiz 110 pueden tener orificios de salida que están conectados entre sí a través de un orificio pasante calibrado 112 que permite la circulación de un caudal controlado de gas enriquecido con oxígeno desde el lecho de tamiz de presión más alta al lecho de tamiz de presión más baja, para igualar la presión entre los lechos de tamiz. Un par de válvulas de retención 114 regulan el caudal de fluido que sale de los lechos de tamiz hacia un depósito de producto de oxígeno 116. Se puede colocar un regulador de presión 118 en la línea de circulación entre el depósito de producto de oxígeno 116 y la salida de gas 103. El regulador de presión 118 reduce la presión del gas del producto rico en oxígeno, para reducir el riesgo de alta presión para el paciente.

10 Otros componentes pueden estar dispuestos o ser acoplados en la línea de circulación, incluyendo, por ejemplo, una válvula de retención 120, uno o más filtros 128 y un medidor de caudal 126. La válvula de retención 120 aísla los lechos de tamiz 110 cuando la unidad es desconectada, eliminando la circulación de retorno del gas. Se debe apreciar que es posible incluir otros componentes en el sistema 100, y que el sistema 100 no está limitado a la configuración específica mostrada en la figura 1.

15 A continuación, se describe el funcionamiento del sistema 100. El aire ambiental circula hacia el compresor de aire 104 a través de la entrada de aire 102. El compresor de aire 104 proporciona aire filtrado, comprimido (a presión) hacia las dos o más válvulas 108, que controlan el caudal del aire comprimido a los lechos de tamiz. Cada lecho de tamiz está parcialmente relleno con un material de filtro adecuado, que permite el paso de un tipo de gas mientras bloquea el paso de otro tipo de gas. En este ejemplo no limitativo, los lechos de tamiz 110 permiten el paso de oxígeno mientras retienen el nitrógeno. Gases distintos al nitrógeno, tal como el argón, también pueden ser adsorbidos.

20 Las válvulas 108 están acopladas y/o controladas por el controlador de válvula 134 y el microprocesador 132 utilizando entradas de sensor de, al menos, dos del sensor de caudal 122, el sensor de temperatura ambiente 124 y el sensor de presión ambiental 130. El aire es dirigido de manera cíclica a través de cada lecho de tamiz 110 según un modo de presurización / separación, un modo de igualación de presión y un modo de ventilación / purga. Según un aspecto de la operación, el controlador controla de manera selectiva al menos uno de los períodos de presurización, eculización y ventilación de los lechos de tamiz en base al caudal medido, la temperatura ambiente y la presión ambiental, para reducir las presiones máximas y la carga del compresor. Es decir, el controlador puede controlar de manera independiente el período de tiempo o cualquier aspecto de cada período de presurización, eculización y ventilación, y también puede controlar el período de tiempo de un ciclo completo. El controlador puede llevar a cabo el control en base, al menos, a dos de un caudal medido, la temperatura ambiente y la presión ambiental.

25 El controlador 134 controla las válvulas 108 para conectar un lado de entrada de cada lecho de tamiz al compresor de aire 104, para separar el gas a través de ese lecho de tamiz, o a la salida de purga 106, para ventilar de manera selectiva el lecho de tamiz a la atmósfera. El controlador puede controlar las válvulas de manera independiente, de tal modo que cualquiera de las válvulas puede funcionar de manera independiente de cualquiera de las otras válvulas. En un modo de operación, las válvulas funcionan para alimentar el lado de entrada del primer lecho de tamiz y purgar el segundo lecho de tamiz ventilando su lado de entrada. En un modo de eculización de la presión, las válvulas bloquean los lados de entrada de cada lecho de tamiz para la eculización de la presión a través del orificio pasante 112. En el siguiente modo, las válvulas alimentan el lado de entrada del primer lecho de tamiz y purgan el segundo lecho de tamiz, ventilando su lado de entrada y, a continuación, las válvulas proceden a otro ciclo, en el que bloquean los lados de entrada de ambos lechos para igualar la presión.

30 Según el modo de separación, los lechos de tamiz funcionan de manera alternativa para separar el nitrógeno del aire, con el fin de producir un producto de gas enriquecido con oxígeno. Cada lecho de tamiz funciona como un tamiz, permitiendo una circulación de oxígeno a través del mismo y bloqueando la circulación de nitrógeno. Antes de que el lecho de tamiz operativo esté saturado con nitrógeno, el controlador 134 acciona las válvulas 108 para conectar un lecho de tamiz diferente al compresor 104, para producir un caudal de gas enriquecido con oxígeno, y el lecho de tamiz saturado se cambia a un modo de purga. En el modo de purga, la entrada del lecho de tamiz saturado es ventilada a la atmósfera a través de la salida de ventilación 106. Las salidas de los lechos de tamiz están conectadas entre sí a través del orificio pasante 112, que permite que circule un caudal limitado de gas producto a presión rico en oxígeno al lecho de tamiz saturado en el modo de purga, para eliminar el nitrógeno del lecho de tamiz saturado. Después de purgar el nitrógeno del lecho del tamiz, el lado de entrada ventilado puede ser cerrado, para permitir que la presión se iguale entre los lechos de tamiz en un modo de igualación de presión antes de que el lecho del tamiz purgado cambie al modo de separación.

35 El aire rico en oxígeno de los lechos de tamiz entra, y es recogido en el depósito de producto de oxígeno 116. El depósito de producto de oxígeno 116 suministra gas oxígeno enriquecido al paciente a través del regulador de presión 118, del medidor de caudal de área variable 126 y del filtro 128. Utilizando el sensor de caudal 122, el sensor de temperatura 124 y el sensor de presión ambiental 130, el microprocesador 132 puede derivar valores de

temporización para activar y desactivar el controlador de válvula 134 utilizando fórmulas predeterminadas.

Los concentradores de oxígeno descritos en el presente documento pueden incluir concentradores de gas de adsorción por oscilación de la presión (PSA - Pressure-Swing Adsorption, en inglés) y/o PSA de vacío (VPSA - Vacuum-PSA, en inglés); en los que los ciclos de VPSA también incluir una bomba para la etapa de ventilación, para reducir las presiones del lecho por debajo de los niveles ambientales, para una mayor capacidad en los lechos de tamiz.

La figura 2 ilustra un circuito de control 200 del concentrador de oxígeno, y muestra una representación esquemática de alto nivel del sistema 100. El circuito de control 200 incluye un compresor 104, lechos de tamiz molecular 110, un depósito de producto de gas 116, un controlador 134, un microprocesador 132, un sensor de caudal 122, un sensor de temperatura 124 y un sensor de presión ambiental 130. En un ejemplo, el microprocesador 132 y el sensor de caudal 122 pueden estar implementados en una sola placa de circuito. En otro ejemplo, el sensor de temperatura 124 y el sensor de presión ambiental 130 también pueden estar implementados en esta misma placa de circuito. El controlador 134 puede ser, por ejemplo, un motor o una válvula solenoide 108 controlada por el microprocesador 132.

El sensor de caudal 122 mide el caudal del gas enriquecido con oxígeno cuando es suministrado al paciente desde el depósito de producto de gas 116. El sensor de temperatura 124 mide la temperatura ambiente. El sensor de presión ambiental 130 mide la presión ambiental. El microprocesador 132 recibe valores del caudal de gas enriquecido con oxígeno que se suministra al paciente, temperatura ambiente y presión ambiental. El microprocesador 132 ejecuta a continuación un cálculo basado en los valores recibidos de caudal, temperatura ambiente y presión ambiental para controlar los tiempos de activación y desactivación de las válvulas 108 por parte del controlador 134. En una realización, el microprocesador incluye un módulo de software que permite variar la forma en la que el controlador controla las válvulas y/o los períodos de funcionamiento de los tamices. De esta manera, la forma en que funciona el controlador se puede variar utilizando una solución de software, sin tener que accionar las válvulas de manera mecánica.

Mediante el control de la purificación de oxígeno en base al suministro de oxígeno a un paciente de acuerdo con las ecuaciones matemáticas a las que se hace referencia a continuación (que son ejemplos no limitativos), los aumentos en las presiones en el compresor a bajos caudales de oxígeno y las disminuciones en la pureza del oxígeno purificado en lechos de tamiz a altos caudales de oxígeno, se puede reducir. En un ejemplo, la magnitud del tiempo que una válvula solenoide 108 está abierta por un controlador 134 (que suministra aire comprimido a un lecho de tamiz) puede estar basada en las entradas, tal como se describió anteriormente y se muestra de manera funcional a continuación:

$$V_{\text{tiempo abierto}} = (T_{\text{ambiente}}) (P_{\text{ambiente}}) (Ax^2 + Bx + C)$$

En donde:

$V_{\text{tiempo abierto}}$ = el tiempo que las válvulas permanecen abiertas, en segundos.

T_{ambiente} = temperatura ambiente, °C

P_{ambiente} = presión ambiental, psia

x = caudal actual, lpm

A , B y C = constantes determinadas de manera experimental

En algunas implementaciones alternativas, el sensor de temperatura 124 y el sensor de presión ambiental 130 pueden ser opcionales, y se pueden incluir en base a la ubicación del circuito de control 200. Por ejemplo, el sensor de temperatura 124 y el sensor de presión ambiental 130 se pueden incluir en el circuito de control solo a grandes altitudes (es decir, cuando el circuito de control 200 se ejecuta a una altitud superior a un valor umbral). En una realización de este tipo, el controlador optimiza los períodos de funcionamiento de los lechos de tamiz en función de la altitud.

La figura 3 ilustra un ejemplo de una implementación alternativa del circuito de control 300 del concentrador de oxígeno 302. El circuito de control 300 funciona de manera similar al circuito de control 101, con la adición de controlar la salida del compresor de aire 104 utilizando un controlador de la velocidad del motor 304. El microprocesador 132 puede determinar, en base a las entradas del sensor de flujo 122, el sensor de temperatura 124 y el sensor de presión ambiental 130, la velocidad óptima a la que el compresor de aire 104 necesita funcionar para obtener el mejor rendimiento. Además, el control adicional abordado descrito anteriormente se puede utilizar de manera congruente con el circuito de control 101.

Se pueden realizar / implementar diversas implementaciones del tema descrito en el presente documento en circuitos electrónicos digitales, circuitos integrados, circuitos integrados específicos para una aplicación (ASIC - Application Specific Integrated Circuits, en inglés) especialmente diseñados, hardware, firmware, software y/o

- combinaciones de los mismos. Estas diversas implementaciones pueden ser implementadas en uno o varios programas informáticos. Algunas implementaciones pueden ser ejecutadas utilizando sistemas micro-electromecánicos (MEMS - Micro-ElectroMechanical Systems, en inglés). Estos programas informáticos pueden ser ejecutables y/o interpretados en un sistema programable. El sistema programable puede incluir, al menos, un procesador programable, que puede tener un propósito especial o un propósito general. El al menos un procesador programable puede ser acoplado a un sistema de almacenamiento, al menos, a un dispositivo de entrada y, al menos, a un dispositivo de salida. El al menos un procesador programable puede recibir datos e instrucciones del sistema de almacenamiento, y puede transmitir datos e instrucciones al mismo, al menos, a un dispositivo de entrada y, al menos, a un dispositivo de salida.
- 5
- 10 Estos programas informáticos (también conocidos como programas, software, aplicaciones de software o código) pueden incluir instrucciones de máquina para un procesador programable, y pueden ser implementados en un lenguaje de programación orientado a objetos y o procedimientos de alto nivel, y/o en lenguaje de ensamblador / máquina. Tal como se puede utilizar en este documento, el término "medio legible por máquina" puede hacer referencia a cualquier producto de programa informático, aparato y/o dispositivo (por ejemplo, discos magnéticos, discos ópticos, memoria, dispositivos lógicos programables (PLD - Programmable Logic Devices, en inglés))
- 15 utilizados para proporcionar instrucciones de máquina y o datos a un procesador programable, incluido un medio legible por máquina que puede recibir instrucciones de máquina, tal como una señal legible por máquina. El término "señal legible por máquina" puede hacer referencia a cualquier señal utilizada para proporcionar instrucciones y/o datos de la máquina a un procesador programable.
- 20 Aunque anteriormente se han descrito en detalle algunas variaciones, son posibles otras modificaciones. Por ejemplo, los flujos lógicos representados en las figuras adjuntas y descritos en el presente documento no requieren el orden particular mostrado, o el orden secuencial, para lograr resultados deseables. Otras realizaciones pueden estar dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema concentrador de gas, que comprende:
- un compresor de gas (104), configurado para recibir y comprimir aire ambiente para proporcionar un suministro de mezcla de gas a presión;
- 5 al menos, dos lechos de tamiz de separación de gases (110), configurados para adsorber, al menos, un tipo de gas de la mezcla de gases a presión del compresor, para proporcionar un producto de gas enriquecido, en el que los lechos de tamiz de separación de gases están configurados para alternar entre períodos de presurización y de ventilación;
- 10 primera y segunda válvulas (108), configuradas para funcionar de manera independiente para regular el caudal de la mezcla de gas a presión a los lechos de tamiz;
- una línea de fluido acoplada a los lechos de tamiz de separación de gas, estando configurada la línea de fluido para proporcionar el producto de gas enriquecido hacia una salida (103);
- caracterizado por que** el sistema concentrador de gas comprende, además:
- 15 al menos dos sensores, acoplados a la línea de fluido, en los que los al menos dos sensores son al menos dos de:
- (a) un sensor de caudal (122), configurado para medir un caudal del producto de gas enriquecido a través de la línea de fluido;
- (b) un sensor de temperatura (124), acoplado a la línea de fluido y configurado para medir la temperatura ambiente; y
- 20 (c) un sensor de presión (130), acoplado a la línea de fluido, y configurado para medir la presión ambiental;
- un controlador (134), configurado para controlar de manera selectiva las primera y segunda válvulas para controlar cualquiera de los períodos de presurización y ventilación de los lechos de tamiz en base, al menos, a dos del caudal medido, la temperatura ambiente y la presión ambiental; y
- 25 un controlador de la velocidad del motor (304), conectado operativamente al controlador y al compresor de gas, y en el que el controlador está configurado para controlar una salida del compresor a través del controlador de velocidad del motor en base a las entradas del sensor de caudal, el sensor de temperatura y el sensor de presión.
2. Un sistema concentrador de gas, según la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado para determinar, en base al caudal medido, a la temperatura ambiente y a la presión ambiental, una velocidad de funcionamiento óptima del compresor.
- 30 3. Un sistema concentrador de gas, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el controlador está configurado para optimizar una cantidad de tiempo para cualquiera de los períodos a fin de extender la vida útil del compresor de gas.
- 35 4. Un sistema concentrador de gas, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el controlador está configurado para optimizar cualquiera de los períodos en función de una altitud de funcionamiento, o para minimizar el consumo de energía.
5. Un sistema concentrador de gas, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, un módulo de software que puede ser utilizado para controlar la manera en la que el controlador controla de manera selectiva las primera y segunda válvulas para controlar cualquiera de los períodos de presurización y ventilación de los lechos de tamiz.
- 40 6. Un sistema concentrador de gas, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto de gas enriquecido comprende oxígeno.
7. Un sistema concentrador de gas, según la reivindicación 6, configurado para dirigir el oxígeno a un paciente para su inhalación.
- 45 8. Un sistema concentrador de gas, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el producto de gas enriquecido comprende nitrógeno.
9. Un sistema concentrador de gas, según la reivindicación 8, configurado para dirigir el nitrógeno a un

sistema de suministro de bebida.

- 10.** Un sistema concentrador de gas, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el producto de gas enriquecido es, predominantemente, metano.
- 5 **11.** Un sistema concentrador de gas, según la reivindicación 10, configurado para dirigir el metano a un condensador.
- 12.** Un sistema concentrador de gas, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las primera y segunda válvulas son válvulas de solenoide o válvulas rotativas.
- 10 **13.** Un sistema concentrador de gas, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los lechos de tamiz de separación de gas están configurados para alternar entre un período de ecuilización además de los períodos de presurización y ventilación.
- 14.** Un sistema concentrador de gas, según la reivindicación 13, en el que el controlador está configurado para controlar de manera selectiva las primera y segunda válvulas para controlar cualquiera de los períodos de presurización y ventilación de los lechos de tamiz en base, al menos, a dos del caudal medido, la temperatura ambiente y la presión ambiental, reduciendo con ello las presiones máximas y la carga del compresor.
- 15 **15.** Un sistema concentrador de gas según la reivindicación 13 o la reivindicación 14, en el que el controlador está configurado para optimizar una cantidad de tiempo para cualquiera de los períodos a fin de reducir las presiones máximas y la carga del compresor con respecto a un máximo sub flujo total de mezcla de gas a presión a través de la línea de fluido.

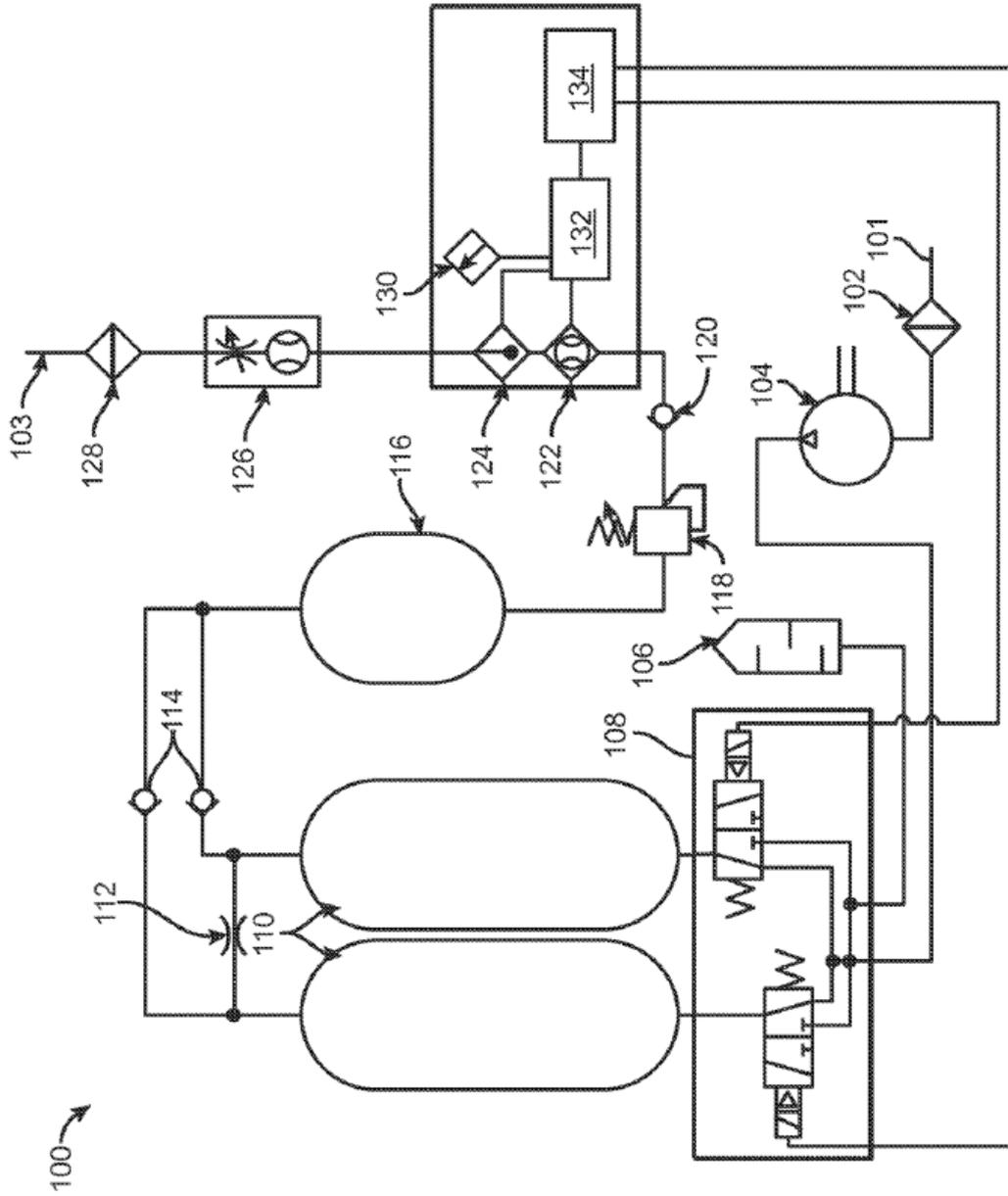


FIGURA 1

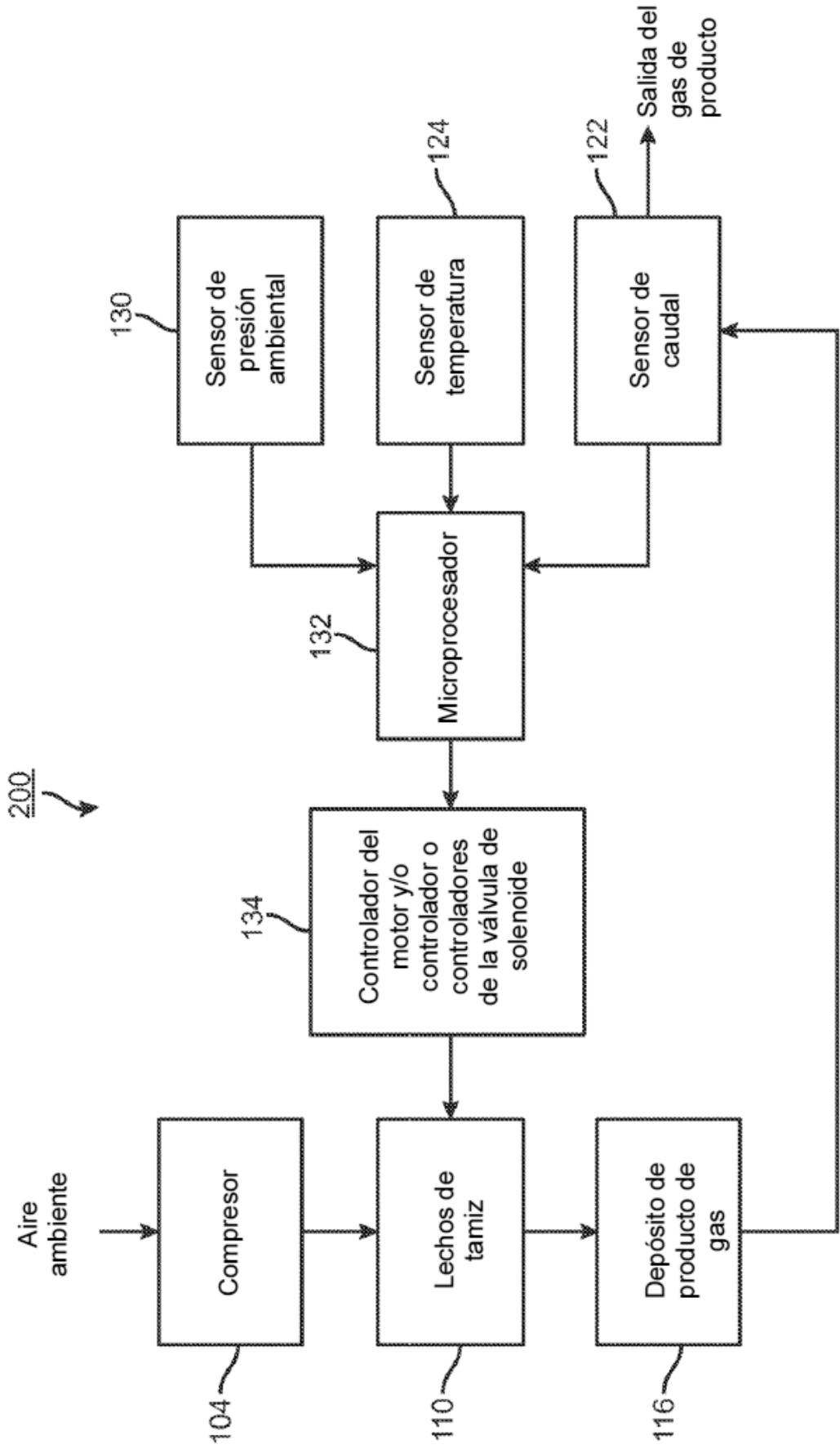


FIGURA 2

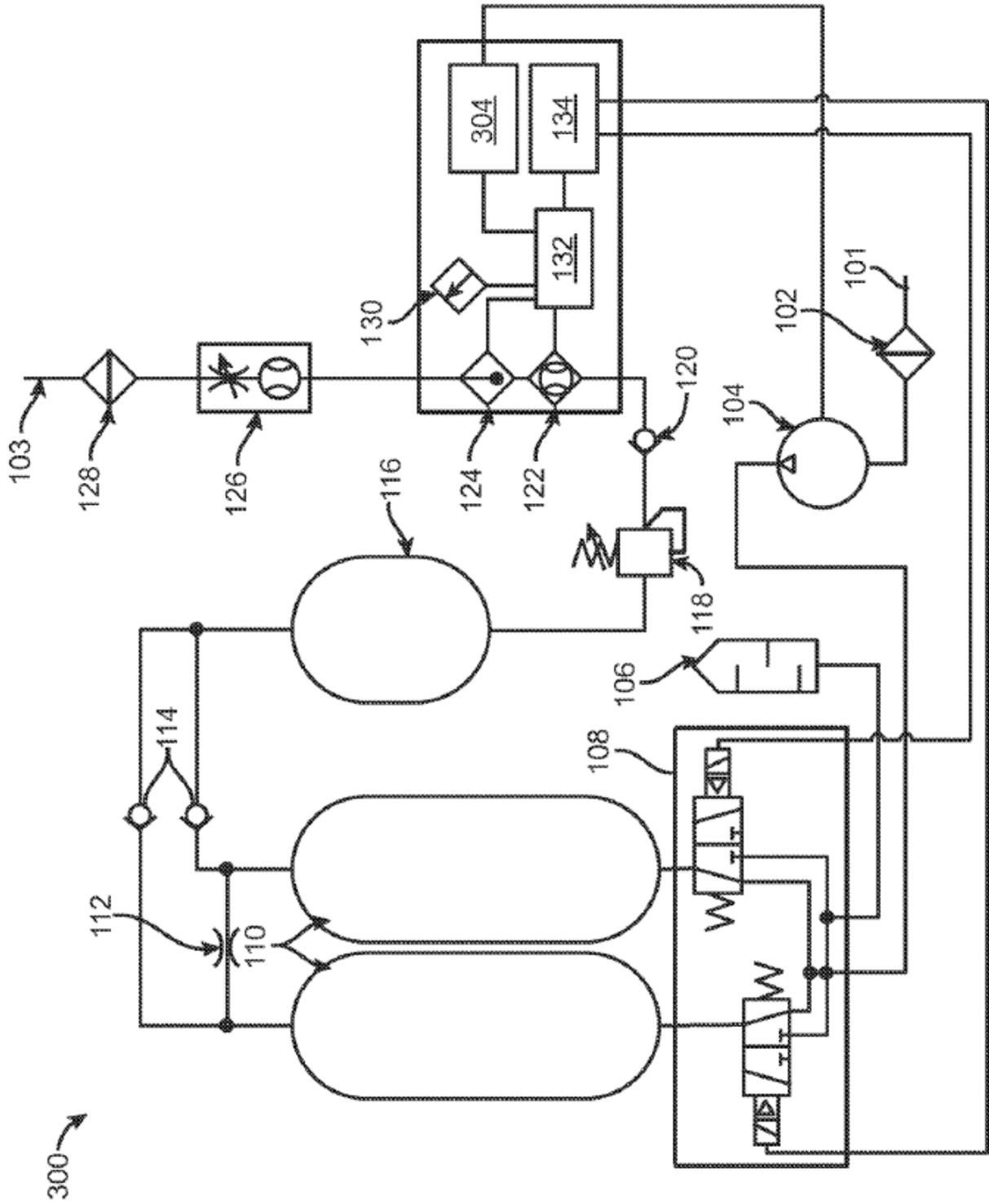


FIGURA 3