



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 958**

51 Int. Cl.:

A62B 7/10 (2006.01)

A62B 9/00 (2006.01)

A62B 19/00 (2006.01)

A62B 23/02 (2006.01)

A61M 16/00 (2006.01)

F24J 3/00 (2006.01)

G05B 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08161997 .5**

96 Fecha de presentación : **28.04.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1987862**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.11.2008**

54 Título: **Sistema portátil para la concentración de oxígeno.**

30 Prioridad: **29.04.2002 US 134868**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.05.2011

73 Titular/es: **CHART SEQUAL TECHNOLOGIES Inc.**
160 Greentree Drive, Suite 101
City of Dover
County of Kent, Delaware 19904, US
TEIJIN LIMITED

72 Inventor/es: **Appel, William, S.;**
Winter, David, P.;
Sward, Brian;
Sugano, Masato;
Salter, Edmund, L. y
Bixby, James, A.

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 358 958 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 portátil para la concentración de oxígeno

5 Antecedentes de la invención

El sector al que pertenece esta invención se refiere en general a concentradores de oxígeno y, en particular, a sistemas para la concentración de oxígeno de tipo portátil, para pacientes respiratorios de tipo ambulatorio, para permitir que puedan llevar una vida normal y productiva.

10 Existe una creciente necesidad de suministro de oxígeno domiciliario y ambulatorio. Es necesario oxígeno suplementario para pacientes que sufren enfermedades pulmonares; por ejemplo, fibrosis pulmonar, sarcoidosis o enfermedad pulmonar ocupacional. Para estos pacientes, la terapia de oxígeno es un elemento cada vez más beneficioso y vital. Si bien no es una curación para las enfermedades de los pulmones, el oxígeno suplementario
15 aumenta la oxigenación de la sangre, lo que invierte la hipoxemia. Esta terapia impide efectos a largo plazo de la deficiencia de oxígeno en sistemas orgánicos, en particular el corazón, cerebro y riñones.

El tratamiento con oxígeno se prescribe también para la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (COPD), que afecta aproximadamente a seiscientos millones de personas en los Estados Unidos, y para otras enfermedades que debilitan el sistema respiratorio, tales como enfermedades cardíacas y SIDA.
20 La terapia de oxígeno suplementario se prescribe también para asma y enfisema.

La prescripción normal para pacientes de COPD requiere oxígeno suplementario por una cánula para vía nasal o una mascarilla veinticuatro horas al día. La prescripción media para un paciente es de dos litros por minuto de oxígeno de alta concentración para aumentar el nivel de oxígeno del aire total inspirado por el paciente desde el 21% normal hasta aproximadamente el 40%. Si bien la exigencia de caudal de oxígeno promedio es de dos litros por minuto, el concentrador promedio de oxígeno tiene una capacidad de cuatro a seis litros de oxígeno por minuto. Esta capacidad adicional es ocasionalmente necesaria para algunos pacientes que han desarrollado problemas más graves, en general no son capaces de salir de su casa (como pacientes ambulatorios) y no requieren un suministro portátil de oxígeno.
25 30

Existen en la actualidad tres modalidades de oxígeno médico suplementario: cilindros de gas a alta presión, líquido criogénico en contenedores aislados al vacío o botellas termo llamadas corrientemente "termos", así como concentradores de oxígeno. Algunos pacientes requieren oxígeno en aplicación doméstica mientras que otros requieren oxígeno en aplicación doméstica y también ambulatoria, dependiendo de su prescripción. Las tres modalidades se aplican para utilización en el hogar, si bien son preferidos los concentradores de oxígeno a causa de que no requieren relleno de "termos" o cambio de cilindros vacíos por otros cilindros llenos. No obstante, los concentradores de oxígeno de tipo doméstico tienen también sus inconvenientes. Consumen cantidades relativamente importantes de electricidad (350-400 Vatios), son relativamente grandes (aproximadamente tienen las dimensiones de una mesilla de noche), son relativamente pesados (pesan unos 22,78 kg (50 libras)), emiten bastante calor y son relativamente ruidosos.
35 40

Solamente las botellas pequeñas de gas a alta presión y pequeños termos líquidos son realmente portátiles en grado suficiente para su utilización para necesidades ambulatorias (fuera del domicilio). Cualquiera de las modalidades puede ser utilizada tanto para utilización doméstica como ambulatoria, o se puede combinar con un concentrador de oxígeno, que proporciona utilización doméstica.
45

Tal como se describe más adelante, los métodos actuales de suministro de oxígeno y sus dispositivos se han mostrado engorrosos y poco flexibles, y ha existido una necesidad sentida desde hace mucho tiempo de disponer de un dispositivo portátil mejorado para suministrar oxígeno a los usuarios.
50

Para personas que necesitan tener oxígeno y que se encuentran alejadas de una fuente generadora de oxígeno o de almacenamiento de oxígeno, tal como un sistema estacionario de oxígeno (o incluso un sistema portátil que no puede ser fácilmente transportado), las dos opciones más corrientemente prescritas disponibles en general para los pacientes son: (a) llevar pequeños cilindros típicamente en un carrito con ruedas; y (b) llevar contenedores portátiles típicamente en una mochila. Estas dos opciones de oxígeno gaseoso y de oxígeno líquido tienen sustanciales inconvenientes, pero desde el punto de vista médico ambos tienen la capacidad de aumentar la vida productiva de un paciente.
55

El inconveniente más importante de la opción de oxígeno gaseoso es que los pequeños cilindros de oxígeno gaseoso pueden proporcionar gas solamente durante un corto periodo de tiempo. Otro inconveniente es que los cilindros de oxígeno gaseoso de alta presión del paciente no son permitidos en algunos lugares, tales como aviones, a causa de consideraciones de seguridad. Otro inconveniente del oxígeno gaseoso es la exigencia de relleno del oxígeno una vez que éste ha sido agotado en el cilindro. Estos pequeños cilindros de gas deben ser recogidos y rellenos por el profesional de cuidados domésticos en una instalación especializada. Esto requiere visitas
60 65

regulares al domicilio del paciente por parte del profesional del servicio y una inversión sustancial en pequeños cilindros por parte de dicho profesional, dado que muchos de ellos quedan en el domicilio del paciente y en la instalación de relleno. Si bien es técnicamente posible rellenar estos cilindros en el domicilio del paciente utilizando un concentrador de oxígeno comercial que extrae el oxígeno del aire, esta tarea requeriría de manera típica un compresor de oxígeno en el propio lugar para aumentar la presión de salida del concentrador a un nivel elevado a efectos de llenar los cilindros. Algunas desventajas de los compresores de oxígeno habituales para utilización en el propio lugar son su carácter oneroso, ruidoso y que emiten mucho calor. Además, el intentar comprimir el oxígeno en recipientes a presión en el hogar es una actividad potencialmente peligrosa, especialmente para personas sin entrenamiento para ello.

Este sistema presenta, desde luego, varias preocupaciones de seguridad para la utilización doméstica. Por ejemplo, para disponer suficiente cantidad de gas en un contenedor portátil, éste debe ser comprimido típicamente a alta presión: ~137,900 KPa (2000 psi). La compresión del oxígeno desde 34,47 KPa (5 psi) (valor típico de salida de un concentrador de oxígeno) a 137,900 KPa (2000 psi) producirá una gran cantidad de calor. (Suficiente para aumentar la temperatura 165 grados C por etapa basándose en las tres etapas de compresión adiabáticas con refrigeración intermedia.) Este calor, combinado con el oxígeno que resulta más reactivo a altas presiones, presenta un peligro de combustión potencial en el compresor en el hogar del paciente. Por lo tanto, la utilización de un sistema de gas a alta presión en el hogar doméstico es peligrosa y no es, por lo tanto, una solución práctica.

Los temas de comodidad y seguridad no son los únicos inconvenientes de este enfoque de oxígeno comprimido. Otro inconveniente es que los compresores o amplificadores de presión necesarios son costosos porque requieren especiales cuidados y materiales para compatibilidad con el oxígeno a alta presión.

Haciendo referencia nuevamente a la opción de almacenamiento de oxígeno líquido, su inconveniente más importante es que requiere un recipiente de base, un recipiente de base estacionario dentro del domicilio del paciente que tiene las dimensiones habituales de un barril de cerveza, que puede ser relleno aproximadamente una vez a la semana de una fuente externa. El oxígeno líquido puede ser transferido desde la unidad de base del paciente a un termo portátil, que puede ser utilizado por el paciente en situación ambulatoria. Asimismo, con la opción de oxígeno líquido, existe un desperdicio sustancial, dado que una cantidad determinada de oxígeno se pierde durante la transferencia a los contenedores portátiles y por evaporación. Se estima que el 20% del contenido total del cilindro de base se perderá en el curso de dos semanas a causa de pérdidas en la transferencia y evaporación normal. Estas unidades, típicamente se vaciarán en un periodo de 30 a 60 días aunque no se extraiga oxígeno.

Se han propuesto sistemas de relleno domésticos que producen oxígeno líquido y que tienen capacidad para rellenar los termos de oxígeno líquido portátiles. No obstante, estos dispositivos requieren que el usuario lleve a cabo la tarea de relleno de las botellas y añaden un elevado coste mensual a los gastos de electricidad del usuario, que no son recuperables.

Existen otras complicaciones con los cilindros de alta presión y termos de líquido portátiles. De manera típica, se suministró oxígeno adicional al paciente mediante un profesional de cuidados domésticos, a cambio de los cuales dicho profesional de cuidados recibe un pago monetario fijo de compañías de seguros o de la organización Medicare con independencia de la modalidad. Los concentradores de oxígeno son preferibles por dicho profesional por ser la opción menos onerosa para suministrar las necesidades domésticas del paciente. Para utilización fuera del hogar, no obstante, solamente las botellas de gas pequeñas a alta presión y pequeños termos de líquidos son suficientemente portátiles para ser utilizados para las necesidades ambulatorias. Cualquiera de estas dos modalidades puede ser utilizada tanto para utilización doméstica como ambulatoria, o se puede combinar con un concentrador de oxígeno, que proporcionaría utilización doméstica. En los dos casos, el profesional de cuidados domésticos debe hacer desplazamientos semanales o bisemanales costosos al hogar del paciente para rellenar el oxígeno. Uno de los objetivos de la presente invención consiste en eliminar estos costosos desplazamientos periódicos.

Se dispone comercialmente de concentradores de oxígeno llamados "portátiles" para proporcionar a los pacientes oxígeno gaseoso convirtiendo aire ambiente en oxígeno gaseoso concentrado. No obstante, estos dispositivos son solamente "portátiles" en el sentido de que son capaces de ser transportados a otro punto de utilización mediante un automóvil o un avión. Uno de estos dispositivos está embalado en una maleta y es facturado como máquina transportable en vez de verdadero concentrador de oxígeno portátil. El dispositivo pesa aproximadamente 16,78 kg (37 libras) sin batería y requiere una potencia de 135 Vatios a 2 LPM (litros por minuto) de caudal de oxígeno. Es posible el funcionamiento desde una batería de automóvil cuando se encuentra en desplazamiento en un automóvil, pero el funcionamiento a partir de una batería separada no es práctico. Otro dispositivo en un concentrador de 3 LPM montado es su propio carrito. Éste pesa 9,98 kg (22 libras) sin batería y requiere también aproximadamente una potencia de 135 Vatios. Otro dispositivo pesa aproximadamente 12,7 kg (28 libras) sin batería y tiene un caudal y exigencia de potencia similares que los dispositivos mencionados. Incluso sin batería, estos dispositivos son demasiado pesados para el paciente respiratorio ambulatorio promedio. Con el peso de la batería, estos dispositivos anteriormente conocidos no son "portátiles" en el verdadero sentido de la palabra porque no pueden ser

transportados fácilmente de un punto a otro. Dado que estos dispositivos tienen consumos de potencia relativamente grandes, también requieren una batería bastante dimensionada.

5 Además, de forma adicional a los problemas de peso y de potencia con los concentradores de oxígeno antes mencionados, ninguno de estos concentradores anteriormente conocidos son especialmente silenciosos. Producen niveles de ruido similares a los producidos por un concentrador doméstico. En realidad, uno de estos dispositivos especifica una generación de ruido de 60 dBA (decibelios), aproximadamente el doble del ruido producido por un concentrador doméstico. Como consecuencia, ninguno de estos llamados concentradores de oxígeno "portátiles" son adecuados para su utilización en ambientes en los que es especialmente importante un nivel bajo de ruido, por ejemplo, restaurantes, bibliotecas, iglesias y teatros.

10 Por lo tanto, existe una necesidad largamente sentida de un sistema de concentración de oxígeno verdaderamente "portátil" que elimine la necesidad de cilindros de gas a alta presión y termos de líquido, así como las exigencias de relleno/sustitución constantes asociadas con los cilindros de gas a alta presión y termos de líquidos, y la necesidad de un sistema de concentración de oxígeno doméstico separado para pacientes respiratorios ambulatorios. Un sistema de concentración de oxígeno verdaderamente "portátil" tendría que ser suficientemente ligero para que, incluso con la batería, el paciente respiratorio ambulatorio promedio pudiera transportar el dispositivo. De manera intrínseca, el dispositivo tendría que ser diseñado de manera que tuviera exigencias de consumo de potencia relativamente bajas, de manera que se pudiera utilizar un paquete de baterías u otra fuente de energía de poco peso. Además, el dispositivo debería ser suficientemente pequeño, de manera que pudiera ser transportado de manera cómoda por el usuario, que emitiera un bajo nivel de ruido y que generara una cantidad de calor reducida.

Un ejemplo adicional del sistema de la técnica anterior se da a conocer en el documento EP-1157731.

25 Características de la invención

La presente invención comporta un sistema portátil para la concentración de oxígeno adaptado para su fácil transporte por el usuario, tal como se describe en la reivindicación 1. El sistema portátil para la concentración de oxígeno comprende una fuente de energía recargable y un concentrador accionado por dicha fuente de energía. El concentrador convierte aire ambiente en oxígeno gaseoso concentrado para el usuario y comprende una serie de lechos de adsorción, así como un conjunto de válvula rotativa.

El conjunto de válvula rotativa es rotativo de manera relativa con respecto a la serie de lechos de adsorción para proporcionar acción de válvulas para transferir fluidos selectivamente a través de la serie de lechos de adsorción para convertir aire ambiente en oxígeno gaseoso concentrado para el usuario.

35 La proporción de potencia adiabática con respecto al caudal de oxígeno para el concentrador se encuentra en un rango de 6,2 W/LPM a 23,0 W/LPM.

40 El conjunto de válvula rotativa para el sistema de adsorción de presión oscilante que tiene una serie de lechos de adsorción, tal como se describe en la reivindicación 1 comprende una placa de entrada de válvula y una zapata rotativa de válvula que tiene superficies respectivamente acopladas y que son rotativos de forma relativa alrededor de un centro de rotación común para proporcionar acción de válvulas para la transferencia selectiva de fluidos a través de las mismas. La placa de aberturas de válvulas comprende, como mínimo, dos aberturas interconectadas, como mínimo, con dos lechos de adsorción. La zapata de la válvula rotativa comprende una segunda superficie de válvula opuesta a la superficie de acoplamiento que tiene, como mínimo, un paso de igualación para alienación con el mínimo de dos aberturas de la placa de aberturas para igualar la presión entre, como mínimo, dos lechos de adsorción.

Otros objetivos, características, aspectos y ventajas de la presente invención serán mejor comprendidos por la descripción detallada siguiente de los dibujos adjuntos.

50 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de concentración de oxígeno portátil construido de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema de concentración de oxígeno portátil construido de acuerdo con otra realización de la invención, mostrando en particular una realización de un dispositivo de separación de aire;

60 La figura 3A es una vista en perspectiva y en sección de una realización de un concentrador que puede ser utilizado con el sistema de concentración de oxígeno portátil.

La figura 3B es una vista en perspectiva, con las piezas desmontadas, del concentrador mostrado en la figura 3A.

65 La figura 4 es una vista en perspectiva desde la parte superior de una realización de un colector superior y múltiples lechos de adsorción que pueden ser utilizados con el concentrador mostrado en las figuras 3A y 3B.

Las figuras 5A y 5B son una vista en planta inferior y una vista en planta superior, respectivamente, de una realización de una zapata de válvula rotativa que puede ser utilizada con el concentrador mostrado en las figuras 3A y 3B.

5 La figura 6A es una vista superior en planta de una realización de una placa con orificios de una válvula que puede ser utilizada con el concentrador mostrado en las figuras 3A y 3B.

10 La figura 6B es un diagrama de flujo de un ciclo de proceso a título de ejemplo para el concentrador mostrado en las figuras 3A y 3B.

15 Las figuras 7A y 7B son una vista superior en planta y una vista inferior en planta respectivamente de una realización de una caperuza de retención de medios que puede ser utilizada con el concentrador mostrado en las figuras 3A y 3B.

Las figuras 8A y 8B son una vista superior en perspectiva con las piezas desmontadas y una vista inferior en perspectiva con las piezas desmontadas, respectivamente, de una realización de un conjunto de válvula rotativa incluyendo un pasador de centraje que puede ser utilizado con el concentrador mostrado en las figuras 3A y 3B.

20 Las figuras 9A y 9B son una vista inferior en perspectiva, con las piezas desmontadas, y una vista superior en perspectiva, con las piezas desmontadas, respectivamente, de una realización de un conjunto de válvula rotativa incluyendo un anillo de centraje que puede ser utilizado con el concentrador mostrado en las figuras 3A y 3B.

25 La figura 10A es una vista en perspectiva inferior de una realización de una zapata de válvula rotativa, una impulsión mediante motor y un par de eslabones de cadena elásticos que pueden ser utilizados con el concentrador mostrados en las figuras 3A y 3B.

30 Las figuras 10B y 10C son una vista superior en perspectiva, con las piezas desmontadas, y una vista inferior en perspectiva, con las piezas desmontadas, respectivamente, de la zapata de válvula rotativa, impulsión de motor y un par de eslabones elásticos de cadena mostrados en la figura 10A.

La figura 11 es una tabla de datos experimentales para un sistema de concentración de oxígeno portátil que comprende el concentrador mostrado en las figuras 3A y 3B.

35 La figura 12 es una ilustración esquemática de otra realización del sistema de concentración de oxígeno portátil y una realización de una cuna para su utilización con el sistema de concentración de oxígeno portátil;

40 La figura 13 es un diagrama de bloques de uno o varios sensores que pueden ser utilizados con una realización del sistema de concentración de oxígeno portátil;

La figura 14 es un diagrama de bloques de uno o varios componentes que pueden ser controlados por la unidad de control del sistema de concentración de oxígeno portátil;

45 La figura 15 es un diagrama de bloques de un sistema de concentración de oxígeno portátil construido de acuerdo con una realización adicional de la invención; y

La figura 16 es una ilustración esquemática de otra realización de un sistema de concentración de oxígeno portátil que comprende un recipiente de alta presión.

50 Descripción detallada de la realización preferente

I. Sistema de Concentración de Oxígeno Portátil

55 Haciendo referencia a la figura 1, un sistema de concentración de oxígeno portátil, indicado de manera general por el numeral de referencia 100, construido de acuerdo con una realización de la invención, se describirá a continuación. El sistema 100 de concentración de oxígeno comprende un dispositivo de separación de aire, tal como un generador de oxígeno gaseoso 102 que separa oxígeno gaseoso concentrado del aire ambiente, una fuente de energía, tal como una batería recargable, paquete de baterías o una célula de combustible 104 que acciona, como mínimo, una parte del generador de oxígeno gaseoso 102, uno o varios sensores de salida 106 utilizados para
60 detectar una o varias situaciones del usuario 108, medioambiente, etc., para determinar la cantidad de oxígeno necesaria para el usuario o requerida del sistema 100 y una unidad de control 110 relacionada con el sensor de salida 106, dispositivo de separación de aire 102 y fuente de energía 104 para controlar el funcionamiento del dispositivo de separación de aire 102 como respuesta a uno o varios estados detectados por dicho sensor o sensores de salida 106.

65

En una realización alternativa, el sistema 100 puede no incluir dicho sensor o sensores 106 acoplados a la unidad de control 110. En esta realización, las situaciones del sistema 100, tal como caudal, nivel de concentración de oxígeno, etc., pueden ser constantes para el sistema o se pueden controlar manualmente. Por ejemplo, el sistema 100 puede comprender un interfaz de usuario 111 (figura 14) que permite al usuario, profesional del servicio, doctor, etc., introducir información, por ejemplo, nivel de oxígeno de prescripción, caudal, etc., para controlar la producción de oxígeno del sistema 100.

Cada elemento del sistema 100 se describirá a continuación de manera más detallada.

10 A. Dispositivo de separación de aire

Haciendo referencia a la figura 2, el dispositivo de separación de aire es preferentemente un generador de oxígeno 102 que comprende de manera general una bomba, tal como un compresor 112 y un concentrador de oxígeno 114 (OC), que pueden estar integrados.

15 El generador de oxígeno 102 puede comprender también uno o varios de los elementos descritos más adelante y mostrados dentro de la línea de limitación segmentada de la figura 2. El aire ambiente puede ser aspirado a través de un amortiguador de entrada 116 por el compresor 112. El compresor 112 puede ser impulsado por uno o varios motores (CC) 118 (M) que funcionan a base de la corriente eléctrica (CC) suministrada por la batería recargable 104 (RB). El motor 118 impulsa también preferentemente la parte del ventilador de refrigeración del cambiador de calor 120. Un controlador de velocidad variable (VSC) o controlador 119 de velocidad del motor del compresor, que se describe de manera más detallada más adelante, puede formar parte integral con la unidad de control 110 (CU) o puede estar separado de la misma y está preferentemente acoplado al motor 118 para conservar el consumo eléctrico. El compresor 112 suministra aire a presión al concentrador 114.

25 En una realización preferente, se suministra aire a una velocidad máxima al concentrador 114 a 50,33 kPa (7,3 psig) de valor nominal y comprendida de 36,54 kPa a 83,49 kPa (5,3 psig a 12,1 psig). A la máxima velocidad, el caudal de alimentación es de un mínimo de 23,8 SLPM (Litros Estándar Por Minuto) en las condiciones de entrada de 101,33 kPa (14,696 psi) absoluta, 21,1°C (70 grados F), 50% de humedad relativa.

30 Un cambiador de calor 120 puede estar situado entre el compresor 112 y el concentrador 114 para enfriar o calentar el aire a la temperatura deseada antes de entrar en el concentrador 114, pudiéndose colocar un filtro (no mostrado) entre el compresor 112 y el concentrador 114 para eliminar cualesquiera impurezas del aire de alimentación, y un transductor de presión 122 puede ser colocado entre el compresor 112 y el concentrador 114 para conseguir un valor de presión del caudal de aire que entra en el concentrador 114.

35 El concentrador 114 separa el oxígeno gaseoso del aire para un eventual suministro al usuario 108 de manera bien conocida. Uno o varios de los siguientes componentes pueden estar situados en la conducción de suministro 121 entre el concentrador 114 y el usuario 108: un sensor de presión 123, un sensor de temperatura 125, una bomba 127, un depósito de baja presión 129, un válvula de suministro 160, un sensor 131 de caudal y pureza, y un dispositivo de conservación 190. Tal como se utiliza en esta descripción, la conducción de suministro 121 se refiere a las tuberías, conectores, etc. utilizados para conectar los componentes de la conducción. La bomba 127 puede ser impulsada por el motor 118. El oxígeno gaseoso puede ser almacenado en el recipiente de baja presión 129 y suministrado desde allí con intermedio de la conducción de alimentación 121 al usuario 108. La válvula de alimentación 160 puede ser utilizada para controlar el suministro de oxígeno gaseoso desde el recipiente 129 de baja presión al usuario 108 a presión atmosférica.

40 También se pueden expulsar gases residuales del concentrador 114. En una realización preferente de la invención un generador de vacío 124 (V), que puede ser impulsado también por el motor 118 e integrado con el compresor 112, aspira gases residuales del concentrador 114 para mejorar la recuperación y productividad del concentrador 114. Los gases residuales pueden salir del sistema 100 a través del amortiguador de escape 126. Un transductor de presión 128 puede estar situado entre el concentrador 114 y el generador de vacío 124 para conseguir un valor de presión del flujo residual del concentrador 114. A la velocidad máxima teórica y caudal teórico de 20,8 SLPM, la presión en el lado de vacío es preferentemente de -40,68 kPa (-5,9 psig) nominal y varía de -60,67 kPa a -30,34 kPa (-8,8 psig a -4,4 psig).

55 1. Compresor/Controlador de velocidad variable

60 Entre los ejemplos de tecnologías de compresor que pueden ser utilizadas para el compresor 112 se incluyen, sin que ello sea limitativo, compresores de paletas rotativas, de pistones lineales con pasador de articulación, de pistones lineales sin pasador de articulación, de disco oscilante, de husillo, de pistón rodante, bombas de diafragma y acústicos. Preferentemente el compresor 112 y el generador de vacío 124 están integrados con el motor 118 y son de tipo sin engrase, impidiendo la posibilidad de que pueda entrar aceite o grasa en el flujo del aire.

El compresor 112 incluye preferentemente, como mínimo, una relación de velocidad 3:1 con una velocidad baja mínima de 1.000 rpm y una vida operativa de 15.000 horas cuando funciona a toda velocidad. La temperatura de funcionamiento que rodea el conjunto de compresor/motor es preferentemente de 0 a 50°C (32 a 122 grados F). La temperatura de almacenamiento es preferentemente de -20 a 60°C (-4 a 140 grados F). La humedad relativa es preferentemente de 5 a 95% HR sin condensación. El voltaje para el compresor 112 es preferentemente de 12V CC o 24V CC y las exigencias de potencia eléctrica son preferentemente menores de 100W a toda velocidad y al caudal nominal/presión nominal y menos de 40W a 1/3 de velocidad y 1/3 de caudal a la presión nominal. Un ventilador o soplante montaje en el eje puede ser incorporado con el compresor 112 para refrigeración del compresor y posible refrigeración completa del sistema. Preferentemente, el nivel máximo de presión de sonido del compresor 112 puede ser de 46 dBA a la velocidad y caudal/presión nominales máximos y 36 dBA a 1/3 de la velocidad nominal. Preferentemente el compresor 112 pesa menos de 0,45 kg (3,5 libras).

Es deseable que el compresor 112 funcione a una serie de velocidades distintas; que proporcione los niveles de vacío/presión y caudales requeridos, que emita poco ruido y pocas vibraciones, que genere poco calor, que sea de reducidas dimensiones, que no sea pesado y que consuma poca potencia.

El controlador de velocidad variable 119 es importante para reducir las necesidades de consumo de potencia del compresor 112 con respecto a la batería recargable 104 u otra fuente de energía. Con un controlador de velocidad variable, la velocidad del compresor 112 se puede variar según el nivel de actividad del usuario, condiciones metabólicas del mismo, condiciones ambientales u otros estados indicativos de las necesidades de oxígeno del usuario según se determinan uno o varios sensores de salida 106.

Por ejemplo, el controlador de velocidad variable puede disminuir la velocidad del motor 118 cuando se determina que las necesidades de oxígeno del usuario 108 son relativamente bajas, por ejemplo, cuando el usuario se encuentra sentado, durmiendo, a poca altura, etc. y aumenta cuando se determina que las necesidades de oxígeno del usuario 108 son relativamente altas o más altas, por ejemplo, cuando el usuario se encuentra de pie, cuando se encuentra activo, cuando el usuario se encuentra en lugares de mayor altura, etc. Esto ayuda a conservar la vida de la batería 104, reduce el peso y dimensiones de dicha batería 104 y reduce el desgaste del compresor, mejorando su fiabilidad.

Uno de los inventores de la presente invención fue coinventor de un controlador de velocidad variable con anterioridad, el cual regulaba la velocidad del compresor para que el compresor funcionara solamente a la velocidad y potencia necesarias para suministrar oxígeno para el caudal prescrito para el usuario.

El controlador 119 de velocidad variable permite que el compresor 112 funcione a una baja velocidad promedio, típicamente la velocidad promedio se encuentra entre la velocidad máxima y 1/6 de la velocidad máxima del compresor 112, con el resultado de un incremento de la vida de la batería, disminución de las dimensiones y peso de la batería, y disminución en el ruido y calor emitidos por el compresor.

2. Concentrador

En una realización preferente, el concentrador 114 es un Fraccionador de Tecnología Avanzada (ATF) que puede ser utilizado para aplicaciones médicas e industriales. El ATF puede implementar un proceso de adsorción por oscilación de la presión (PSA), un proceso de adsorción por oscilación de la presión en vacío (VPSA), un proceso PSA rápido, un proceso PSA muy rápido u otros procesos. El concentrador comprende un conjunto de válvula rotativa para controlar el flujo de aire a través de lechos de cribas múltiples. Los lechos de cribado pueden tener forma cónica de manera que tienen mayor diámetro en el lugar en el que el flujo entra en los lechos y un diámetro menor en el lugar en el que el flujo gaseoso sales de dichos lechos. La conicidad de los lechos de cribado requiere de este modo un menor material de cribado y un menor caudal para obtener la misma salida.

Si bien se utiliza un concentrador ATF 114 en una realización preferente, se apreciará fácilmente por los técnicos en la materia que se pueden utilizar otros tipos de concentradores o de dispositivos de separación de aire, tales como, sin que se deba considerar limitativo, tipos de separación por membrana o células electroquímicas (calientes o frías). Si se utilizan otros tipos de concentradores o dispositivos de separación de aire, se observará fácilmente por los técnicos en la materia que algunos aspectos descritos pueden cambiar de manera correspondiente. Por ejemplo, si el dispositivo de separación de aire es del tipo de membrana de separación, se pueden utilizar bombas distintas a un compresor para desplazar el aire a través del sistema.

El ATF preferentemente utilizado es significativamente más reducido que los ATF diseñados con anterioridad. Los inventores de la presente invención han reconocido que al reducir las dimensiones del concentrador ATF 114 no solamente se hacía más pequeño el sistema 100 y más portátil, sino que también mejoraba el porcentaje de recuperación, es decir, el porcentaje de oxígeno gaseoso en el aire que es recuperado o producido por el concentrador 114 y la productividad (litros por minuto/libra de material de cribado) del concentrador 114. La reducción de las dimensiones del ATF disminuye el tiempo de ciclo para el dispositivo. Como resultado se incrementa la productividad.

Además, los inventores determinaron también que los materiales de cribado más finos incrementaban las velocidades de recuperación y la productividad. La constante de tiempo para la adsorción de gases no deseados es más reducida para partículas más finas, dado que la trayectoria de fluido es más corta para los gases que para partículas más grandes. Por esta razón son preferentes los materiales de cribado fino que tienen constantes de tiempo reducidas. El material de cribado puede ser una zeolita de litio X que permite un elevado intercambio de iones de litio. El tamaño de los gránulos puede ser, por ejemplo, de 0,2-0,6 mm. En una realización alternativa, la zeolita puede adoptar la forma de estructura rígida, tal como un monolito extrusionado o en forma de papel arrollado. En esta realización la estructura de zeolita permitiría un ciclado de presión rápido del material sin introducir caídas de presión significativas entre las corrientes de alimentación y de producto.

Las dimensiones del concentrador 114 pueden variar con el caudal deseado. Por ejemplo, el concentrador 114 puede tener dimensiones de 1,5 litros por minuto (LPM), una dimensión de 2 LPM, dimensión de 2,5 LPM, una dimensión de 3 LPM, etc.

El generador 102 de oxígeno gaseoso puede incluir también una fuente de oxígeno en adición al concentrador 114 tal como, sin que sea limitativo, un depósito de oxígeno a alta presión, tal como se describe de manera más detallada más adelante.

Un controlador de válvula ATF 133 puede ser integral o estar separado de la unidad de control 110 y está acoplado con electrónica de válvula en el concentrador 114 para concentrar la válvula o válvulas del concentrador 114.

El concentrador puede tener una o varias de las modalidades siguientes de ahorro de energía: una modalidad de reposo, una modalidad de conservación y una modalidad activa. La selección de estas modalidades se realizará manualmente por el usuario 108 o automáticamente, por ejemplo, mediante el sensor o sensores descritos 106 y la unidad de control 110.

Haciendo referencia a las Figuras 3A y 3B, una realización de un concentrador 114 que puede ser utilizado en el generador de oxígeno 102 será descrito a continuación de manera más detallada. Si bien el concentrador 114 se describirá con una función de separación del oxígeno del aire, se debe observar que el concentrador 114 puede ser utilizado para otras aplicaciones, tales como, sin que ello sea limitativo, separación de aire para la producción de nitrógeno, purificación de hidrógeno, recuperación de agua del aire y concentración de argón a partir del aire. Tal como se utiliza en la presente descripción, el término "fluidos" incluye tanto gases como líquidos.

El concentrador 114 que se describe más adelante comprende numerosas mejoras con respecto a concentradores anteriormente conocidos, los cuales resultan en una recuperación incrementada del componente deseado y en una mayor productividad del sistema. La recuperación mejorada es importante dado que constituye una medida de la eficacia del concentrador. Al aumentar la recuperación del concentrador, la cantidad de gas de alimentación requerido para producir una cantidad determinada de producto disminuye. Por lo tanto, un concentrador con mayor recuperación puede requerir un compresor de alimentación más reducido (por ejemplo, para concentración de oxígeno del aire) o puede ser capaz de utilizar de manera más efectiva el gas de alimentación para recuperar componentes valiosos (por ejemplo, para purificación de hidrógeno a partir de una corriente de reformado). La productividad mejorada es importante dado que un incremento de productividad se relaciona directamente con las dimensiones del concentrador. La productividad es medida en unidades de flujo del producto por masa o volumen del concentrador. Por lo tanto, un concentrador con mayor productividad será más reducido y pesará menos que un concentrador menos productivo, resultando ello en un producto más atractivo para muchas aplicaciones. Por lo tanto, las mejoras del concentrador en la recuperación, productividad o ambos son ventajosas. Las mejoras específicas que conducen a una recopilación mejorada y mejor productividad se detallan a continuación.

El concentrador 114 comprende cinco lechos de adsorción 300, cada uno de los cuales contiene un lecho de material adsorbente que es selectivo para una especie molecular específica de fluido o contaminante, un conjunto de válvula rotativa 310 para transferir selectivamente fluidos a través de los lechos de adsorción 300, un conjunto tubular integrado y un colector 320, una tapa 330 para el depósito de producto y una envolvente 340 del conjunto de la válvula.

Los lechos de adsorción 300 son preferentemente rectos, alargados, moldeados, recipientes de plástico rodeados por la tapa 330 del depósito del producto, que está realizada en un metal, preferentemente aluminio. Los lechos de adsorción moldeados, de material plástico, 300 rodeados por la tapa 330 de metal constituyen un diseño de bajo coste sin efectos perjudiciales por la entrada de agua que tiene lugar con los cuerpos envolventes o tapas de plástico conocidos en la técnica anterior. Los lechos de adsorción de plástico tienen el problema intrínseco de que el plástico es permeable al agua. Esto permite que el agua penetre dentro del material adsorbente, reduciendo el rendimiento del material adsorbente. Rodeando los lechos de adsorción de plástico 300 con la tapa de aluminio 330, que puede servir también como depósito de acumulación de producto, se mantienen los costes bajos del diseño y no se sacrifica el rendimiento.

Cada uno de los lechos de adsorción 300 comprende un terminal 350 para el producto y un terminal de alimentación 360. Haciendo referencia además a la figura 4, los terminales de producto 350 de los lechos 300 comunican con los pasos de entrada de producto 370 del colector 320 a través de las conducciones de producto 380 para comunicar con el conjunto 310 de válvula rotativa. Los terminales de alimentación 360 de los lechos 300 comunican con los pasos de alimentación de salida 390 del colector 320 para comunicación con el conjunto de válvula rotativa 310.

El colector 320 puede comprender también unos pasos de salida 400 del producto que comunican el conjunto de válvula rotativa 310 con el interior del depósito de producto 330, un paso de alimentación entrante 410 que comunica el conjunto de válvula rotativa 310 con la conducción de alimentación a presión 420, y una cámara de vacío 430 que comunica el conjunto de válvula rotativa 310 con una conducción de presión de vacío 440. Una conducción de suministro de producto 450, que puede ser la misma que la conducción de suministro 121 descrita anteriormente con respecto a la figura 2, comunica con el interior del depósito de producto 330. La conducción de presión de vacío 440 puede comunicar directa o indirectamente con el generador de vacío 124 para extraer gases sobrantes del concentrador 114.

En su utilización, el aire pasa desde el compresor 112 a la conducción de alimentación a presión 420, a través del paso de alimentación entrante 410 del colector 320. Desde allí, el aire pasa al conjunto de válvula rotativa 310 en la que es distribuido nuevamente a través de los pasos de alimentación saliente 390 del colector 320. Desde esta posición el aire de alimentación pasa a los terminales de alimentación 360 de los lechos de adsorción 300. Los lechos de adsorción 300 comprenden medios adsorbentes apropiados para las especies que serán adsorbidas. Para concentración del oxígeno, es deseable tener un material adsorbente en partículas compactado que adsorbe preferentemente nitrógeno con respecto al oxígeno del aire alimentado, de manera que se produce oxígeno como producto gaseoso no adsorbido. Se puede utilizar un adsorbente, tal como una zeolita de tipo X con alto intercambio de litio. También se puede utilizar un lecho de adsorción de capas que contiene dos o más materiales adsorbentes distintos. Como ejemplo, para una concentración de oxígeno se puede colocar una capa de alúmina activada o gel de sílice utilizado para adsorción de agua cerca del terminal de alimentación 360 de los lechos adsorbentes 300 con una zeolita tipo X con intercambio de litio utilizada como la mayoría del lecho hacia el terminal de producto 350 para adsorber nitrógeno. La combinación de materiales, utilizada correctamente, puede ser más eficaz que un tipo único de adsorbente. En una realización alternativa, el adsorbente puede ser un material estructurado y puede incorporar tanto los materiales adsorbentes de agua como adsorbentes de nitrógeno.

El oxígeno gaseoso resultante como producto fluye hacia los terminales del producto 350 de los lechos de adsorción 300, por las conducciones de producto 380, pasando por los pasos de producto entrante 370 del colector 320, y hacia el conjunto 310 de válvula rotativa, donde es distribuido nuevamente a través del colector 320 con intermedio del paso de producto saliente 400 y hacia dentro del depósito del producto 330. Desde el depósito de producto 330 el oxígeno gaseoso es suministrado al usuario 108 a través de la conducción de suministro de producto 450 y la conducción de alimentación 121.

Haciendo referencia a las figuras 3B, 5A, 5B, 6A, 8A y 8B, se describirá una realización del conjunto de válvula rotativa 310. El conjunto de válvula rotativa 310 comprende una zapata de válvula rotativa o disco 500 y una placa con orificios de válvula o disco 510. La zapata de válvula rotativa 500 y la placa de la abertura de válvula 510 son ambas preferentemente circulares en su construcción y realizadas a partir de un material duradero, tal como cerámica, que puede ser rectificado a un elevado grado de pulido con acabado plano para posibilitar que las caras de la zapata de válvula 500 y de la placa con orificios 510 formen un cierre estanco a los fluidos cuando son presionadas entre sí.

Haciendo referencia específicamente a la figura 5A, la zapata de válvula rotativa 500 tiene una superficie de acoplamiento inferior plana 520 y una pared lateral cilíndrica lisa 530. La zapata de válvula 500 tiene varios pasos arqueados simétricos o canales realizados en la superficie de acoplamiento 520, todos los cuales tienen como centro el centro geométrico de la superficie de acoplamiento circular 520. Los pasos o canales comprenden canales opuestos de alimentación a alta presión 540, canales de compensación 550, pasos de salida a baja presión en oposición 560, una ranura circular de salida de baja presión 570 que comunica con los pasos de salida 560, canales de suministro de producto en oposición 580, canales de purga en oposición 590, un paso de alimentación central a alta presión 600, una primera ranura anular de ventilación 610 y una segunda ranura de ventilación anular 620.

Haciendo referencia además a la figura 5B, se describirá a continuación una segunda superficie de válvula superior paralela 630 de la zapata de válvula rotativa 500. Los canales de purga 590 de la superficie de acoplamiento 520 comunican entre sí a través de los pasos de purga cilíndricos verticales 640 y una ranura de purga arqueada 650 en la superficie superior 630. Los canales de igualación 550 de la superficie de acoplamiento 520 se extienden verticalmente a través de la zapata de válvula 500. Pares de canales de igualación 550 comunican a través de las ranuras de igualación 660 sobre la superficie superior 630. Las ranuras de igualación 660 tienen una forma general en U y se extienden alrededor de los orificios receptores 670. La disposición de igualación a través de las ranuras 660 en la segunda superficie de válvula 630, en un plano separado y paralelo con respecto al plano definido por la superficie de acoplamiento 520, ayuda a mantener las dimensiones relativamente reducidas de la zapata de válvula rotativa 500, mientras que al mismo tiempo posibilita un direccionado más complejo de fluido a través de la zapata

de válvula 500. Las ranuras de igualación permiten que la superficie de válvula secundaria sea utilizada para igualar presiones entre los lechos de adsorción 300.

5 Con referencia a las figuras 3B, 8A y 8B, una primera tapa 680 de la zapata de válvula está dispuesta sobre la segunda superficie de válvula 630 para aislar las diferentes ranuras y pasos de la segunda superficie de válvula 630. Tanto la tapa 680 de la primera zapata de válvula como la segunda tapa 690 de la segunda zapata de válvula comprenden orificios centrales alineados 691, 692, respectivamente, para comunicación del paso de alimentación central 600 con una cámara de fluido de alimentación a alta presión formada alrededor de la periferia de una base cilíndrica 693 de la segunda tapa 690 de la zapata de válvula. La primera tapa 680 de la zapata de válvula
10 comprende también una serie de orificios 694 cerca de su periferia, con el objetivo de mantener un equilibrio de presión durante el funcionamiento a cada lado de la primera tapa 680 de la zapata de válvula entre la base cilíndrica 693 y la segunda superficie de válvula 630. Dirigiendo el fluido de alimentación a alta presión a la cámara de fluido de alimentación a alta presión en la parte superior o lado posterior de la zapata de válvula 500 provoca el equilibrado de la presión en la zapata de válvula 500 que contrarresta la fuerza de la presión que obliga a la zapata de válvula 500 en separación de la placa con orificios 510. Un resorte u otro tipo de mecanismo de sellado pasivo (no
15 mostrado) puede ser utilizado para retener la zapata de válvula rotativa 500 contra la placa con orificios 510 cuando el concentrador 114 no funciona.

20 Con referencia a la figura 5A, para contrarrestar adicionalmente la fuerza de la presión que actúa para separar la zapata de válvula rotativa 500 con respecto a la placa con orificios 510, la ranura de salida 570 está dimensionada de manera tal que cuando el concentrador 114 funciona a presiones de alimentación y de purga (vacío) nominales, la fuerza de sellado debido al vacío en la ranura de salida 570 equilibra sustancialmente esta fuerza de presión separadora. Esto posibilita la utilización de mecanismos de sellado pasivo relativamente pequeños reduciendo el par y la potencia requeridos para hacer girar la zapata de válvula rotativa 500 y reduce también el peso y dimensiones del concentrador 114.
25

Haciendo referencia a la figura 6A, se describirá a continuación de manera más detallada la placa de válvula con orificio 510. La placa de válvula con orificios 510 tiene una superficie de acoplamiento plana 700 que establece
30 contacto con la superficie de acoplamiento plana 520 de la zapata de válvula rotativa 500 y una pared lateral cilíndrica lisa 710. Haciendo referencia adicionalmente a la figura 3B, la cara inferior de la placa de válvula con orificios 510 está dispuesta sobre una junta del colector 720. La placa de válvula con orificios 510 contiene múltiples conjuntos de orificios o aberturas dispuestas simétricamente de forma concéntrica, alineados con aberturas de la junta 720 del colector para comunicar los orificios de la placa 510 con los pasos del colector 320. Los orificios se extienden verticalmente a través de la placa de válvula con orificios 510 en una dirección que es en general perpendicular a la superficie de acoplamiento 700. En una realización alternativa, los orificios se extienden
35 verticalmente a través de la placa 510 de válvula con orificios en dirección angular hacia la superficie de acoplamiento 700. Preferentemente, todos los orificios de cada uno de los conjuntos concéntricos tienen la misma configuración. Cada conjunto concéntrico de orificios se describirá a su vez a continuación.

40 Un primer conjunto de ocho orificios de vacío circulares 730 dispuesto concéntricamente según un primer radio con respecto al centro geométrico de la placa de válvula con orificios 510 comunica con la cámara de vacío 430 del colector 320 y las ranuras de gas de salida 570 de la zapata de válvula 500. En la realización preferente se utilizan ocho orificios, puesto que permiten suficiente flujo de gas a través de la válvula sin caída significativa de presión. En una realización con alternativa, se podría utilizar un número de orificios diferente de ocho.
45

Un segundo juego de cinco orificios de alimentación de salida redondos 740 dispuestos concéntricamente en un segundo radio con respecto al centro geométrico de la placa de válvula con orificios 510 comunica con los pasos de alimentación de salida 390 del colector 320, los canales de alimentación 540 de la zapata de válvula 500 y los orificios de vacío 730 con intermedio de los pasos de salida 560 de la zapata de válvula 500.
50

Un tercer conjunto de cinco orificios 750 de producto entrante, de forma general elíptica, dispuestos concéntricamente según un tercer radio con respecto al centro geométrico de la placa de válvula con orificios 510 comunica con los pasos de producto entrante 370 del colector 320, los canales de igualación 550 de la zapata de válvula 500, los canales de purga 590 de la zapata de válvula 500 y los canales de suministro de producto 580.
55

Un cuarto conjunto de orificios de producto saliente circulares 760 dispuestos concéntricamente según un cuarto radio desde el centro geométrico de la placa de válvula con orificios 510 comunica con los pasos de producto saliente 400 del colector 320 y los orificios de producto entrante 750 con intermedio de los canales de suministro de producto 580.
60

Un quinto conjunto de tres orificios circular de alineación 731 de la placa dispuestos concéntricamente según un quinto radio desde el centro geométrico de la placa de válvula con orificios 510 se alinea con los pasadores de alineación 321 (figura 3B, 4) del colector 320. Los orificios de alineación 731 aseguran que la placa con orificios 510 queda dispuesta con la alineación adecuada con el colector 320. En una realización alternativa, dos o más orificios de alineación situados en uno o varios radios con respecto al centro geométrico de la placa de válvula con orificios
65

510 se pueden alinear con un número igual de pasadores de alineación situados en posiciones alineadas del colector 320.

Una abertura de alimentación entrante central, redonda, 770 dispuesta en el centro geométrico de la placa de válvula con orificios 510 y el centro de rotación del conjunto de válvula 310 comunica con el paso de alimentación entrante 410 del colector 320 y el paso de alimentación central 600 de la zapata de válvula rotativa 500.

En el conjunto de válvula rotativa 310 que se ha descrito tiene lugar una caída de presión máxima de 6,5 kPa (1 PSI) a través de cualquier orificio del conjunto de válvula 310 cuando el sistema produce 3 LPM de oxígeno. Para caudales menores, la pérdida de presión es despreciable.

Haciendo referencia además a la figura 6B, se describirá a continuación un único ciclo de adsorción oscilante del concentrador 114. Durante la utilización, la zapata de válvula rotativa 500 gira con respecto a la placa de válvula con orificios 510, de manera que el ciclo que se ha descrito es establecido de manera secuencial y continuada para cada lecho de adsorción 300. La velocidad de rotación de la zapata de válvula rotativa 500 con respecto a la placa de válvula con orificios 510 puede variar solo o en combinación con un compresor de velocidad variable, a efectos de proporcionar la temporización de ciclo óptima y suministro de aire ambiente para una producción determinada de producto. Para ayudar al lector a que consiga una mejor comprensión de la invención, a continuación se efectuará la descripción de lo que ocurre en un solo lecho de adsorción 300 y el conjunto de válvula rotativo 310 durante un ciclo único. Se debe observar que con cada revolución de la zapata 500 de válvula rotativa, los lechos de adsorción 300 llevan a cabo dos ciclos completos. Para cada ciclo las etapas comprenden: 1) pre-presurización 774; 2) adsorción 776; 3) primera igualación descendente 778; 4) segunda igualación descendente 780; 5) soplado en el mismo sentido de la corriente 782; 6) ventilación a baja presión 784; 7) purga en contracorriente y ventilación a baja presión 786; 8) primera igualación ascendente 788; y 9) segunda igualación ascendente 790. Cada una de estas etapas se describirá a su vez a continuación para un lecho de adsorción 300.

En la etapa de pre-presurización 774 el aire fluye del compresor 112 a la conducción de alimentación a presión 420 a través del paso entrante de alimentación 410 del colector 320. Desde allí, el aire fluye a través de la abertura de alimentación entrante central 770 de la placa con orificios 510 a través del paso de alimentación central 600 y hacia fuera de los canales de alimentación 540 de la zapata de válvula 500, a través de los orificios de alimentación saliente 740 y a través de los pasos de alimentación saliente 390 del colector 320. Desde allí, el aire de alimentación pasa a los extremos de alimentación 360 de los lechos de adsorción 300. Con referencia a la figura 5A, dado que el canal de alimentación 540 está adelantado con respecto al canal 580 de suministro de producto (es decir, inicialmente el canal de alimentación 540 se encuentra en comunicación con la abertura de alimentación de salida 740 y el canal de suministro de producto 580 está bloqueado, sin comunicación con la abertura de producto entrante 750), el extremo de alimentación 360 del lecho de adsorción 300 es sometido a presión con gas de alimentación, es decir, es sometido a presión antes del inicio del suministro del producto. En realizaciones alternativas, el extremo 350 del producto puede ser pre-presurizado con gas producto, o el extremo de producto 350 puede ser pre-presurizado con gas producto y el extremo de alimentación 360 puede ser pre-presurizado con gas de alimentación.

En la etapa de adsorción 776 dado que el canal de suministro 580 se encuentra en comunicación con el orificio de entrada de producto 750, la adsorción de nitrógeno tiene lugar en el lecho 300 y el oxígeno gaseoso resultante como producto fluye hacia los extremos de producto 350 de los lechos de adsorción 300, por las conducciones de producto 380 y a través de los pasos de producto entrantes 370 del colector 320. Desde allí, el oxígeno gaseoso fluye por el orificio de producto entrante hacia dentro y hacia fuera del canal de suministro de producto 580, por el orificio de salida de producto 760, por el paso de salida de producto 400 y hacia dentro del depósito de producto 330. Desde el depósito de producto 330 el oxígeno gaseoso es suministrado al usuario 108 con intermedio del conducto de suministro de producto 450 y del conducto de alimentación 121.

En la primera etapa de igualación descendente 778 el extremo de producto 350 del lecho 300, que se encuentra a alta presión, es igualado con el extremo de producto de otro lecho, que se encuentra a baja presión, para llevar el extremo de producto 350 del lecho 300 a una presión intermedia más reducida. Los extremos de producto 350 comunican con intermedio de las conducciones de producto 380, los pasos de producto entrante 370, los orificios de producto entrante 750, los canales de igualación 550 y la ranura de igualación 660. Tal como se ha indicado en lo anterior, el direccionado de la igualación con intermedio de las ranuras 660 de la segunda superficie de válvula 630 en un plano hacia fuera y paralelo a un plano definido por la superficie de acoplamiento 520 ayuda a mantener la dimensión relativamente reducida de la zapata de válvula rotativa 500 a efectos de mantener el par requerido para hacer girar la zapata de válvula 500 en la menor medida posible, mientras que al mismo tiempo posibilitando un direccionado más complejo de fluido a través de la zapata de válvula 500. En esta etapa 778 y en las etapas de igualación 780, 788, 790 que se explicarán más adelante, los lechos de adsorción 300 pueden ser igualados en el extremo de alimentación 360, el extremo de producto 350, o una combinación del extremo de alimentación 360 y el extremo de producto 350.

En la segunda etapa de igualación descendente 780, el extremo de producto 350 del lecho 300, que se encuentra a una presión intermedia, es igualado con el extremo de producto de otro lecho que se encuentra a una presión más

baja, para llevar el extremo de producto 350 del lecho 300 adicionalmente de forma descendente a una presión todavía más baja que en la etapa 778. De manera similar a la primera etapa descendente de igualación 778, los extremos de producto 350 comunican con intermedio de las conducciones de producto 380, los pasos de producto entrante 370, los orificios de producto entrante 750, los canales de igualación 550 y la ranura de igualación 660.

En la etapa 782 de barrido en el mismo sentido de la corriente ("CCB"), el gas enriquecido en oxígeno producido a partir del producto 350 del lecho de adsorción 300 es utilizado para el purgado del segundo lecho de adsorción 300. El gas fluye desde el lado de producto del lecho de adsorción 300, por la conducción de producto 380, paso de producto entrante 370 y orificio de producto entrante 750. El gas pasa además por el canal de purga 590, paso de purga 640, a través de la ranura de purga 650, hacia fuera del paso de purga 640 en el lado opuesto de la zapata de válvula 500, a través del canal de purga 590, por el paso de producto entrante 750, por el paso de producto entrante 370, por la conducción de producto 380 y hacia dentro del extremo de producto 350 del lecho de adsorción 300 para seguir como corriente de purga. En una realización alternativa, en esta etapa 782 y en la etapa siguiente 784 el barrido en el mismo sentido de corriente puede ser sustituido por barrido con una corriente en sentido contrario.

En la etapa de ventilación a baja presión 784 ("LPV"), el lecho de adsorción 300 es ventilado a baja presión a través del extremo de alimentación 360 del lecho de adsorción 300. El vacío de la ranura de salida 570 de la zapata de válvula rotativa 500 comunica con el paso de salida 560 y el extremo de alimentación 360 del lecho de adsorción 300 (con intermedio de la abertura de alimentación de salida 740 y del paso de alimentación de salida 390) para extraer el gas de salida de regeneración hacia fuera del lecho de adsorción 300. La etapa de ventilación a baja presión 784 tiene lugar sin introducción de gas enriquecido con oxígeno dado que el paso de salida 560 se encuentra en comunicación con la abertura de alimentación de salida 740 y el canal de purga 590 no se encuentra en comunicación con el orificio de producto entrante 750.

En la etapa 786 de ventilación a baja presión y purga a contracorriente ("LPV"), el gas enriquecido en oxígeno es introducido en el extremo de producto 350 del lecho de adsorción 300 de la forma que se ha descrito en lo anterior en la etapa 782 con el mismo sentido de corriente con el extremo de alimentación 360 del lecho de adsorción 300 ventilado a baja presión, tal como se describió en la etapa anterior 784. La purga en contracorriente es introducida en el extremo de producto 350 del lecho adsorbente 300 a través de comunicación de fluido con el extremo de producto 350 de un segundo lecho de adsorción 300. El gas enriquecido en oxígeno fluye desde el extremo de producto 350 del segundo lecho de adsorción 300 por la conducción de producto 380, por el paso de producto entrante 370, por el orificio de producto entrante 750, por el canal de purga 590, por el paso de purga 640, por la ranura de purga 650, hacia fuera del paso de purga 640 en el lado opuesto de la zapata de válvula 500, por el canal de purga 590, por el orificio de producto entrante 750, por el paso de producto entrante 370, por la conducción de producto 380 y hacia dentro del extremo de producto 350 del lecho de adsorción 300. Dado que el paso de salida 560 se encuentra también en comunicación con la abertura de alimentación entrante 740 durante esta etapa 786, el gas enriquecido en oxígeno fluye desde el extremo de producto 350 al extremo de alimentación 360, regenerando el lecho de adsorción 300. El vacío de la ranura de salida 570 de la zapata de la válvula rotativa 500 comunica con el paso de salida 560 y el extremo de alimentación 360 del lecho de adsorbido 300 (con intermedio del orificio de alimentación saliente 740 y el paso de alimentación saliente 390) para llevar el gas de salida de regeneración hacia fuera del lecho de adsorción 300. Desde el paso de salida 560 el gas de salida fluye por los orificios de vacío 730 hacia la cámara de vacío 430 y hacia fuera de la conducción de presión de vacío 440. En una realización alternativa, el vacío puede ser sustituido por ventilación a baja presión próxima a la presión atmosférica u otra presión que es baja con respecto a la presión de alimentación. En otra realización, el gas producto procedente del depósito de producto 330 es utilizado para purgar el extremo de producto 350 del lecho adsorbente 300.

En la primera etapa 788 de igualación ascendente, el extremo de producto 350 del lecho 300, que se encuentra a una presión muy baja, es igualado con el extremo de producto de otro lecho que se encuentra a presión alta, para llevar el lecho de adsorción 300 a una presión intermedia más elevada. Los extremos de producto 350 comunican con intermedio de las conducciones del producto 380, los pasos de producto entrantes 370, los orificios de producto entrantes 750, los canales de igualación 550 y la ranura de igualación 660.

En la segunda etapa de igualación 790, el extremo de producto 350 del lecho 300, que se encuentra a una presión intermedia es igualado con el extremo de producto de otro lecho que se encuentra a una presión más elevada, para llevar el extremo de producto 350 del lecho 300 a un valor más elevado pasando a una presión incluso más elevada que en la etapa 788. De manera similar a la primera etapa de igualación descendente 778, los extremos de producto 350 comunican con intermedio de las conducciones de producto 380, los pasos de producto entrante 370, los orificios de producto entrantes 750, los canales de igualación 550 y la ranura de igualación 660.

Se debe observar en una realización preferente, que la duración combinada de las etapas de alimentación 774, 776 puede ser sustancialmente la misma en comparación con la duración de las etapas de purga 782, 784, 786 que puede ser sustancialmente tres veces la duración de cada una de las etapas de igualación 778, 780, 788, 790. En una realización alternativa, la duración relativa de las etapas de alimentación 774, 776, las etapas de purga 782, 784, 786 y cada una de las etapas de igualación 778, 780, 788, 790 puede variar.

Después de la segunda etapa de igualación ascendente 790, empieza un nuevo ciclo en el lecho de adsorción 300 empezando con la etapa de pre-presurización 774.

5 El concentrador 114 de cinco lechos y el ciclo descritos en lo anterior tienen una serie de ventajas con respecto a otros concentradores citados y ciclos utilizados en la técnica anterior, algunos de los cuales se describirán más adelante. Las múltiples etapas de igualación 788, 790 en los extremos de producto 350 y la etapa de pre-presurización 774 contribuyen a la pre-presurización de los lechos de adsorción 300 antes del suministro del producto. Como resultado de ello, los lechos 300 alcanzan su presión final (sustancialmente igual a la presión de alimentación) de manera rápida y, por lo tanto, permiten la máxima utilización del medio adsorbente. De manera
10 adicional, la pre-presurización de los lechos adsorbentes 300 permite el suministro del producto sustancialmente a la misma presión que la alimentación, conservando, de esta manera, la energía de compresión en la corriente, lo que hace más valiosa la corriente de producto para su utilización en procesos posteriores. En una realización alternativa, la pre-presurización de los lechos 300 con producto antes de exponer el extremo de alimentación 360 del lecho 300 a la corriente de alimentación elimina cualquier caída de presión experimentada debido a la interacción de fluido o
15 comunicación de fluido entre dos o más lechos adsorbentes 300 en el extremo de alimentación 360. De manera adicional, en comparación con sistemas con mayor número de lechos, la utilización de un sistema de cinco lechos reduce la duración y el número de lechos que se encuentran en comunicación de fluido con los canales de alimentación 540 al mismo tiempo, reduciendo de esta manera la propensión de flujo de fluido entre los lechos de adsorción. Dado que el flujo de fluido entre lechos de adsorción es asociado con una inversión de la dirección de flujo en el lecho de presión más elevada (resultando en un rendimiento más bajo), la reducción de este efecto es ventajosa.

Otra ventaja del sistema de 5 lechos con respecto a muchos sistemas es que comprende un pequeño número de lechos de adsorción 300, permitiendo que el concentrador sea relativamente pequeño, compacto y de peso reducido, suministrando simultáneamente suficiente flujo y pureza y manteniendo elevada recuperación de oxígeno. Otros sistemas PSA, de manera típica aquellos que tienen un número reducido de lechos de adsorción, tienen como resultado el cortocircuito del compresor ("deadheading") (con el resultado de mayor utilización de potencia) durante una parte del ciclo. El efecto de cortocircuito del compresor elimina un flujo perjudicial entre el lado de alimentación 360 de los dos o más lechos de adsorción 300 (tal como se ha explicado en lo anterior), pero aumenta la potencia del sistema. El sistema de 5 lechos elimina el efecto de cortocircuito del compresor y minimiza el flujo limitador de rendimiento del lado de alimentación 360 entre los lechos adsorbentes 300.

La utilización de múltiples etapas de igualación de presión 778, 780, 788, 790 reduce la cantidad de energía de compresión requerida para el funcionamiento del concentrador 114. La igualación de los lechos 300 conserva el gas a alta presión desplazándolo a otro lecho 300 en vez de ventilarlo a la atmósfera o a una bomba de vacío. Dado que existe un coste asociado con la presurización del gas, la conservación del gas proporciona ahorros y mejora la recuperación. Asimismo, dado que el lecho 300 puede contener gas enriquecido con producto, usualmente el extremo de producto 350 del lecho 300, que permite que este gas se desplace a otro lecho 300, en vez de evacuarlo, conserva el producto y mejora la recuperación. El número de igualaciones se encuentra preferentemente entre una y cuatro. Se debe observar que cada una de las igualaciones representa dos etapas de igualación, una etapa de igualación descendente y una etapa de igualación ascendente. De este modo, dos igualaciones significan dos igualaciones descendentes y dos igualaciones ascendentes, es decir, un total de cuatro igualaciones. Lo mismo es cierto para otro número de igualaciones. En una realización preferente una de cuatro igualaciones (de dos a ocho etapas de igualación) se utilizan para cada ciclo. En una realización más preferente, se utilizan de una a tres igualaciones (de dos a seis etapas de igualación) en cada ciclo. En una realización más preferente, dos igualaciones (cuatro etapas de igualación) se utilizan en cada ciclo.

En realizaciones alternativas, el concentrador 114 puede tener otro número de lechos de adsorción 300 basándose en la concentración de la corriente de alimentación, gases específicos a separar, ciclo de adsorción de presión oscilante y condiciones operativas. Por ejemplo, sin que ello sea limitativo, existen también ventajas para los concentradores de cuatro lechos y concentradores de seis lechos. Cuando se opera en un ciclo similar al descrito anteriormente con un concentrador de cuatro lechos, el problema de comunicación de fluido entre los canales de alimentación 540 y más de un lecho de adsorción (en un instante determinado) se elimina por completo. Cuando se elimina la comunicación de fluido en el extremo de alimentación, las etapas de alimentación 774, 776 se efectúan en una forma más deseable resultando en una recuperación mejorada del producto deseado. Las ventajas de un sistema de seis lechos, en comparación con un sistema de cinco lechos, se consiguen cuando el ciclo de oscilación de presión que se ha descrito en lo anterior es modificado de manera que existen tres etapas de igualación ascendente y tres etapas de igualación descendente en vez de dos etapas de igualación ascendente y dos etapas de igualación descendente. Una tercera igualación es ventajosa cuando el gas de alimentación se tiene a alta presión. La tercera igualación conserva energía del compresor porque permite que los lechos igualados obtengan sustancialmente el 75% de la presión de alimentación en comparación sustancialmente con el 67% de la presión de alimentación cuando se utilizan dos etapas de igualación. En cualquier ciclo PSA, siempre que tenga lugar una igualación ascendente, existe una correspondiente igualación descendente. La exigencia de compensar las etapas de igualación determina algunas restricciones en la temporización correspondiente de las etapas de ciclo. Por

ejemplo, si la duración de la etapa de alimentación es sustancialmente la misma que la duración de cada etapa de igualación, entonces un ciclo de seis lechos proporcionaría la compensación requerida de las etapas de igualación.

5 A continuación se describirá una serie de aspectos adicionales de la invención relativos al concentrador 114 que
aumentan la recuperación de un componente deseado y la productividad del sistema. Haciendo referencia a las
figuras 3A, 3B, 7A y 7B, se describirá una realización de una caperuza de retención de medios 800 que reduce el
volumen muerto en los lechos de adsorción 300. Cada una de las caperuzas de retención de medios 800 está
10 situada en el extremo de producto 350 del lecho de adsorción 300 y soporta el material adsorbente por encima de la
caperuza de retención de medios 800. Un resorte 810 situado dentro de la caperuza de retención de medios 800 y
por debajo de la misma obliga a la caperuza 800 de retención de medios hacia arriba, para retener el lecho lleno de
material adsorbente firmemente en su lugar. La caperuza de retención de medios 800 tiene una base cilíndrica 820
con una primera y segunda pestañas anulares 830, 840. La segunda pestaña anular 840 termina en su parte
15 superior en un reborde circular 850. Una superficie superior 860 de la caperuza 800 de retención de medios
comprende una serie de nervios 870 en disposición radiante con un diseño de forma general de rayos de sol desde
un orificio central 880. Adyacentes al orificio central 880, los intersticios 890 crean zonas de difusión para la purga de
fluido que sale del orificio central 880. Los intersticios 890 y los nervios de forma radiante 870 provocan que el fluido
de purga sea distribuido hacia fuera desde el orificio central 880, provocando una regeneración más uniforme y
mejorada del material adsorbente durante una etapa de purga. Los nervios radiales 870 ayudan también a canalizar
20 gas producto hacia el orificio central 880 durante una fase de suministro del producto. En una realización alternativa,
la caperuza 800 de retención de medios puede tener una superficie de forma general no cilíndrica para retener
medios en un lecho de adsorción de forma general no cilíndrica 300. En otra realización alternativa, el orificio central
880 puede estar situado alejado del centro geométrico de la caperuza 800 de retención de medios de forma
cilíndrica o no cilíndrica.

25 Haciendo referencia a la figura 7B, en la cara inferior de la caperuza 800 de retención de medios, la base cilíndrica
820 forma una cámara interior en la que está dispuesto el resorte 810. Una boquilla 900 del orificio central se
extiende desde una superficie inferior 910 de la caperuza 800 de retención de medios. Un extremo de la conducción
de producto 380 se conecta a la boquilla central 900 del orificio para comunicar el extremo de producto 350 del lecho
de adsorción 300 con el paso de producto entrante 370 del colector 320.

30 Anteriormente, las caperuzas de retención de medios podrían ser mantenidas en su lugar mediante un resorte
acoplado dentro de la caperuza y por encima de la misma, de manera que el resorte se encuentre en la trayectoria
de flujo de fluido entre la parte baja del material adsorbente y cualquier abertura de salida en el extremo de producto
350 del lecho 300.

35 El volumen en el que se aloja el resorte representa el volumen muerto del sistema. Tal como se utiliza en esta
descripción "volumen muerto" es el volumen del sistema que es comprimido y purgado, pero que no contiene medios
adsorbentes. El procedimiento de llenar este volumen con producto de alimentación comprimido y a continuación
evacuar dicho volumen representa un desperdicio de producto de alimentación. La caperuza mejorada de retención
de medios 800 no aumenta el volumen muerto al sistema porque el resorte 810 está alojado por fuera de la
40 trayectoria de flujo de fluido. La eliminación de cualquier volumen adicional dentro del sistema tiene como resultado
directamente una utilización más eficaz del producto de alimentación y, por lo tanto, una recuperación superior del
producto deseado.

45 Con referencia a las figuras 8A y 8B, se describirá a continuación una realización de un mecanismo de centrado
para mantener la zapata de válvula rotativa 500 fijada lateralmente y centrada con respecto a la placa de válvula con
orificios 510. El mecanismo de centrado puede comprender un pasador de centrado 920 que tiene forma cilíndrica
hueca y que está realizado en un material rígido. Cuando la superficie de acoplamiento 520 de la zapata de válvula
rotativa 500 es acoplada a la superficie de acoplamiento 700 de la placa de válvula con orificios 510, el pasador de
centraje 920 queda dispuesto parcialmente en el paso central de alimentación 600 de la zapata de válvula rotativa
500 y la abertura de alimentación entrante central 770 de la placa de válvula con orificios 510. En su utilización,
la zapata de válvula rotativa 500 gira alrededor del pasador de centrado 920 y el interior hueco del pasador de centrado
920 permite que el fluido de alimentación a alta presión fluya de modo pasante. El pasador 920 mantiene la zapata
de válvula rotativa en posición fija con respecto a la placa de válvula con orificios 510. En la técnica anterior, la
zapata de válvula rotativa se centraba de manera aproximada con respecto a la placa de válvula con orificios por el
55 motor que impulsa la zapata de válvula rotativa. Si la zapata de válvula rotativa 500 y la placa de válvula con orificios
510 están descentradas una con respecto a la otra, el concentrador 114 no realizará su ciclo de la manera prevista,
reduciendo la productividad, recuperación y eficacia del concentrador. La precisión que ofrece el pasador de centrado
920 es importante cuando el conjunto de válvula 310 controla ciclos complejos o mantiene caídas de presión muy
pequeñas.

60 Con referencia a las figuras 9A y 9B, un conjunto de válvula rotativa construida de acuerdo con otra realización de la
invención comprende un mecanismo de centrado alternativo para mantener la zapata de válvula rotativa 500 en
posición fija con respecto a la placa de válvula con orificios 510. Un anillo circular de centrado 930 se acopla de
forma precisa sobre la pared lateral cilíndrica lisa 530 de la zapata de válvula rotativa 500 y la pared lateral cilíndrica
65 lisa 710 de la placa de válvula con orificios estacionaria 510. El anillo circular 930 centra la zapata de válvula rotativa

500 con respecto a la placa de válvula con orificios 510 al mantener la zapata rotativa 500 en una posición fija con respecto a la palca de orificios 510, mientras que al mismo tiempo permite que la zapata de válvula rotativa 500 pueda girar.

5 Con referencia a las figuras 10A-10C, se describirá a continuación una realización de un enlace elástico para acoplar el motor 118 a la zapata de válvula 500. Un mecanismo de impulsión 940 comprende un eje de impulsión 950, una rueda de impulsión 960 y tres enlaces elásticos 970 (se han mostrado dos). El eje de impulsión 950 puede estar conectado al motor 118 para la rotación de la rueda de impulsión 960. Con referencia a la figura 10C, la cara inferior 980 de la rueda de impulsión 960 puede incluir salientes de soporte 990 de forma cilíndrica que sobresalen hacia abajo. De manera similar, con referencia a la figura 10B, un lado superior 1000 de la segunda etapa 690 de la zapata de válvula puede comprender salientes de soporte cilíndricos que sobresalen hacia arriba 1010. Los eslabones de cadena de tipo elástico 970 están realizados preferentemente en un material elástico semirígido (tal como goma de silicona) y tienen una configuración general de llave para tuercas. Cada uno de los eslabones de cadena de tipo elásticos 970 comprende elementos receptores cilíndricos 1020 con orificios cilíndricos centrales 1030. Los elementos receptores cilíndricos 1020 están unidos mediante un estrecho elemento de conexión 1040. La rueda de impulsión 960 está acoplada a la segunda etapa de zapata de válvula 690 a través de los eslabones de cadena elásticos 970. Un elemento receptor 1020 de cada eslabón de cadena de tipo elástico recibe el saliente de soporte 990 de la rueda de impulsión 960 y el otro elemento receptor 1020 recibe el saliente de soporte 1010 de la segunda etapa 690 de la zapata de la válvula. Con anterioridad, se realizaban conexiones rígidas entre el motor y la zapata de válvula rotativa. Estas conexiones rígidas provocaban que la zapata de válvula rotativa quedara afectada por vibraciones u otros movimientos no rotativos del motor. Los eslabones de cadena de tipo elástico 970 absorben las vibraciones y los movimientos no rotativos del motor, impidiendo que esta energía perjudicial sea aplicada a la zapata de válvula rotativa 500.

25 La figura 11 es una tabla de datos experimentales de un concentrador similar al concentrador 114 mostrado y descrito anteriormente con respecto a las figuras 3-10. Tal como se muestra en esta tabla, la recuperación de oxígeno del aire con el concentrador 114 es desde 45-71% hasta aproximadamente 90% de pureza. La proporción de potencia diabática (Vatios) al caudal de oxígeno (Litros Por Minuto) se encuentra en un rango de 6,2 V/LPM a 23,0 V/LPM. Tal como se define en el Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers (Manual Mark's Estándar para técnicos Mecánicos), novena edición, de Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister, la ecuación para la potencia adiabática, adaptada de la ecuación de potencia adiabática, es la siguiente:

$$\text{Potencia} = \frac{W}{t} = P_1 V_1 \left(\frac{k}{1-k} \right) \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] C$$

Potencia = Potencia adiabática (Vatios)

W = Potencia adiabática (Julios)

35 t = Tiempo (segundos)

P₁ = Presión Atmosférica (Kilopascales)

P₂ = Presión Compresor/Vacío (Kilopascales)

k = Proporción de calor específico = constante = 1,4 (para el aire)

V₁ = Caudal volumétrico a presión atmosférica (SLPM)

40 C = Factor de conversión, añadido por los autores para mayor claridad = 0,0171107 Vatios/kPa/LPM (0,114871 Vatios/psi/LPM)

B. Fuente de energía

45 Haciendo referencia adicionalmente a la figura 12, a efectos de funcionar de manera apropiada como sistema portátil y de peso reducido 100, dicho sistema 100 debe ser activado por una fuente de energía adecuada de tipo recargable. La fuente de energía incluye preferentemente una batería recargable 104 del tipo de iones de litio. Quedará evidente para los técnicos en la materia que el sistema 100 puede ser activado por una fuente de energía portátil en vez de una batería de iones de litio. Por ejemplo, se puede utilizar una célula de combustible recargable o renovable. Si bien el sistema es descrito de manera general como activado por una batería recargable 104, el sistema 100 puede ser activado por múltiples tipos de baterías. De este modo, tal como se utiliza en esta descripción, el término "batería" incluye una o varias baterías. Además, la batería recargable 104 puede estar formada por una o varias baterías internas y/o externas. La batería 104 o módulo de batería que incluye la batería 104 es preferentemente desmontable del sistema 100. El sistema 100 puede utilizar una batería interna estándar, una batería de bajo coste, una batería interna de funcionamiento prolongado y una batería secundaria externa de modalidad acoplable ("clip-on").

60 El sistema 100 puede tener un adaptador incorporado que incluye un circuito 130 de carga de la batería y uno o varios enchufes 132 configurados para permitir que el sistema 100 sea activado mediante una fuente de potencia en CC (por ejemplo, un adaptador para un mechero de automóvil) y/o una fuente de potencia CA (por ejemplo, un enchufe de pared de 110 V en CA de tipo doméstico o de una oficina), mientras que la batería 104 es cargada

simultáneamente a partir de una fuente de potencia CC o CA. El adaptador o cargador podría ser también un accesorio separado. Por ejemplo, el adaptador puede ser un adaptador separado para un mechero utilizado para activar el sistema 100 y/o cargar la batería 104 en un automóvil. Se puede utilizar un adaptador separado CA para convertir la CA de un enchufe en CC a utilizar por el sistema 100 y/o cargar la batería 104. Otro ejemplo de adaptador puede ser un adaptador utilizado mediante las baterías de una silla de ruedas u otros carritos.

De manera alternativa o adicionalmente, una cuna 134 para carga de batería adaptada para recibir y soportar el sistema 100 puede tener un adaptador que comprende los circuitos de carga de batería 130 y un enchufe 132 que permite también que el sistema 100 sea activado mientras la batería 104 está siendo cargada simultáneamente a partir de una fuente de potencia CC y/o CA.

El sistema 100 y la cuna 134 incluyen preferentemente correspondientes secciones acopladas 138, 140 que permiten que el sistema 100 sea introducido sobre la cuna 134 para alimentar el sistema 100 con la cuna 134. Las secciones acopladas 138, 140 pueden comprender correspondientes contactos eléctricos 142, 144 para conectar eléctricamente el sistema 100 a la cuna 134.

La cuna 134 puede ser utilizada para recargar y/o activar el sistema 100 en el hogar, oficina, automóvil, etc. La cuna 134 puede ser considerada una parte del sistema 100 o un accesorio separado para el sistema 100. La cuna 134 puede comprender uno o varios receptáculos adicionales de carga 146 adaptados a los circuitos de carga 130 para cargar paquetes de batería de recambio 104. Con un receptáculo de carga 146 y uno o varios paquetes de batería adicionales 104, el usuario puede tener siempre un suministro de baterías adicionales nuevas y cargadas 104.

En realizaciones alternativas, la cuna 134 puede estar realizada en uno o varios tamaños, para recibir uno o varios tipos distintos de sistemas 100.

La cuna 134 y/o el sistema 100 pueden incluir también un mecanismo de humidificación 148 destinado a añadir humedad al flujo de aire en el sistema 100 mediante las conexiones apropiadas 149. En una realización alternativa de la invención, el mecanismo humidificador 148 puede ser separado del sistema 100 y la cuna 134. Si es separado del sistema 100 y de la cuna 134, dicha cuna 134 y/o el sistema 100 pueden comprender las aberturas de comunicación apropiadas para comunicar con el mecanismo humidificador separado 148. La cuna 134 puede incluir también un receptáculo adaptado para recibir un mecanismo humidificador separado 148 para su utilización con el sistema 100 cuando dicho sistema 100 está acoplado en la cuna 134.

La cuna 134 y/o el sistema 100 pueden incluir también un mecanismo de telemetría o módem 151, tal como un módem telefónico, módem de cable de alta velocidad, módem inalámbrico RF o similar para comunicar la unidad de control 110 del sistema 100 con uno o varios ordenadores en situación alejada. Para este fin, la cuna 134 puede comprender un conductor 153 con un adaptador de cable o enchufe telefónico 155, o una antena RF 157. En una realización alternativa de la invención, el mecanismo de telemetría o módem 151 puede ser separado de la cuna 134 y con este objetivo, la cuna 134 o sistema 100 puede comprender uno o varios puertos apropiados de comunicación, por ejemplo, un puerto para PC, para comunicar directamente el mecanismo de telemetría o módem 151 con la cuna 134 o sistema 100. Por ejemplo, la cuna 134 puede ser adaptada para comunicar con un ordenador (en el lugar en que se encuentra la cuna) que comprende el mecanismo de telemetría o módem 151. El ordenador puede comprender software apropiado para comunicar información que se describe a continuación utilizando el mecanismo de telemetría o módem 151 con uno o varios ordenadores en posición alejada o remota.

El mecanismo de telemetría o módem 151 puede ser utilizado para comunicar información fisiológica del usuario, tal como, sin que ello sea limitativo, ritmo cardíaco, saturación de oxígeno, ritmo respiratorio, presión sanguínea, EKG, temperatura corporal, proporción de tiempo de inspiración/expiración (proporción I a E) con uno o varios ordenadores en posición remota. El mecanismo de telemetría o módem 151 puede ser utilizado para comunicar otros tipos de información, tales como, sin que ello sea limitativo, utilización de oxígeno, programas de mantenimiento del sistema 100 y utilización de la batería con uno o varios ordenadores en posición remota.

El usuario utiliza idealmente el sistema 100 en su cuna 134 en su domicilio, en el despacho, en el automóvil. El usuario puede decidir disponer de más de una cuna, por ejemplo, una para el domicilio, otra para el despacho, otra para el automóvil o cunas múltiples en el domicilio, una en cada habitación escogida. Por ejemplo, si el usuario tiene múltiples cunas 134 en el domicilio, cuando el usuario pasa de una habitación a otra, por ejemplo, del salón al dormitorio, el usuario simplemente levanta el sistema 100 de la cuna 134 en una habitación y se desplaza a la otra habitación con funcionamiento por batería. La colocación del sistema 100 en una cuna distinta 134 en la habitación de destino restablece la conexión eléctrica entre el sistema 100 y la fuente de potencia en CA. Dado que las baterías 104 del sistema se encuentran constantemente en carga o cargadas cuando están situadas en la cuna 134, las salidas afuera del domicilio, despacho, etc. son tan simples como desplazarse de una habitación a otra del domicilio.

Dado que el sistema 100 es reducido de dimensiones y ligero de peso (2-15 libras), el sistema 100 puede ser levantado simplemente de la cuna 134 y transportado fácilmente, por ejemplo, mediante una mochila por el usuario promedio hacia el destino deseado. Si el usuario es incapaz de transportar el sistema 100, el sistema 100 puede ser

fácilmente transportado al destino utilizando un carrito u otro aparato de transporte. Para un tiempo prolongado fuera del domicilio, oficina, etc., el usuario puede transportar una o varias cunas 134 para uso en el lugar de destino. De manera alternativa, en la realización del sistema 100 incluyendo el adaptador incorporado, la potencia puede ser extraída de fuentes de potencia, tales como un dispositivo adaptado a un mechero de un automóvil y/o una salida de potencia CA disponible en destino. Además, se pueden utilizar paquetes de batería de recambio 104 para periodos prolongados y en alejamiento de fuentes de potencia normales.

Si el paquete de baterías 104 comprende baterías múltiples, el sistema 100 puede incluir un mecanismo secuenciador de batería para conservar la vida de la batería, tal como es bien conocido en los teléfonos móviles y los ordenadores portátiles.

C. Sensor de salida

Con referencia a las figuras 1, 2 y 13, se utilizan uno o varios sensores de salida 106 para detectar una o varias situaciones del usuario 108, de su entorno, etc. para determinar las necesidades de caudal de oxígeno del usuario y, por lo tanto, las exigencias de caudal de oxígeno facilitado por el sistema 100. Una unidad de control 110 está conectada al sensor o sensores 106 y el generador de oxígeno gaseoso 102 para controlar el generador de oxígeno 102 como respuesta a las condiciones detectadas por el sensor o sensores de salida 106. Estos sensores de salida comprenden un sensor de presión 150, un sensor de posición 152, un sensor de aceleración 154, así como un sensor metabólico o de estado fisiológico 156 y un sensor de altura 158.

Los tres primeros sensores 150, 152, 154 (y, en ciertos casos, el sensor de estado fisiológico 156) son sensores de actividad porque estos sensores proporcionan una señal que representa actividad de un usuario 108. En el suministro de oxígeno con un sistema de concentración de oxígeno portátil es importante suministrar una cantidad de oxígeno gaseoso proporcional al nivel de actividad del usuario 108 sin suministrar un exceso de oxígeno. Un exceso de oxígeno puede ser perjudicial para el usuario 108 y reduce la vida de la batería 104.

La unidad de control 110 regula el generador de oxígeno gaseoso 102 para controlar el caudal de oxígeno gaseoso al usuario 108 basado en una o varias señales representativas del nivel de actividad del usuario producidas por el sensor o sensores 106. Por ejemplo, si el sensor o sensores de salida 106 indican que el usuario 108 ha pasado de estado inactivo a estado activo, la unidad de control 110 puede provocar que el generador de oxígeno gaseoso 102 aumente el caudal de oxígeno gaseoso hacia el usuario 108 y/o puede proporcionar una descarga de oxígeno gaseoso al usuario 108 desde un depósito de oxígeno a alta presión que se describirá. Si el sensor o sensores de salida 106 indican que el usuario 108 ha pasado de una situación activa a una situación inactiva, la unidad de control 110 puede provocar que el generador de oxígeno gaseoso 102 reduzca el caudal de oxígeno gaseoso del usuario.

En una realización de la invención, la cantidad de oxígeno gaseoso suministrada es controlada al controlar la velocidad del motor 118 del compresor con intermedio del controlador de velocidad variable 119.

De manera alternativa o adicionalmente al control de velocidad variable, el suministro de oxígeno gaseoso puede ser controlado por la válvula de suministro 160 situada en la conducción de alimentación 121 entre el generador de oxígeno gaseoso 102 y el usuario 108. Por ejemplo, la válvula de suministro 160 puede ser desplazable entre, como mínimo, una primera posición y una segunda posición, permitiendo la segunda posición un caudal más elevado de oxígeno gaseoso concentrado que la primera posición. La unidad de control 110 puede provocar que la válvula de suministro 160 se desplace desde la primera posición a la segunda posición cuando uno o varios de los sensores de nivel de actividad 152, 154, 156 detectan un nivel de actividad activo en el usuario 108. Por ejemplo, la unidad de control 110 puede comprender un temporizador y cuando se detecta un nivel activo durante un periodo de tiempo que supera un periodo de tiempo predeterminado, la unidad de control 110 hace que la válvula 160 se desplace de la primera posición a la segunda posición.

Se incluyen entre los ejemplos de sensores de presión 150, sin que ello sea limitativo, un interruptor de pie que indica cuando el usuario se encuentra en posición de pie en comparación con una posición de sentado, y un interruptor de asiento que indica cuándo el usuario se encuentra en posición de sentado en comparación con la posición de pie.

Un interruptor de péndulo es un ejemplo de un sensor de posición 152. Por ejemplo, un interruptor de péndulo puede comprender un interruptor en el muslo dispuesto con capacidad de péndulo para indicar una modalidad cuando el usuario se encuentre de pie, es decir, cuando el interruptor está suspendido verticalmente, y otra modalidad cuando el usuario está sentado, es decir, el interruptor del muslo elevado a una posición más horizontal. Se puede utilizar un interruptor de mercurio como sensor de posición.

Un sensor de aceleración 158, tal como un acelerómetro, es otro ejemplo de un sensor de actividad que proporciona una señal representativa de la actividad del usuario.

El sensor 156 de estado fisiológico o metabólico puede funcionar también como sensor de actividad. El sensor de estado fisiológico 156 puede ser utilizado para controlar una o varias situaciones fisiológicas del usuario para

5 controlar el generador de oxígeno gaseoso 102 o con otros objetivos. Se incluyen entre los ejemplos de estados fisiológicos que pueden ser controlados con el sensor 156, sin que ello sea limitativo, nivel de oxígeno en sangre, ritmo cardíaco, ritmo respiratorio, presión de sangre, EKG, temperatura corporal y proporción I a E. Un medidor de oxígeno es un ejemplo de un sensor que se utiliza preferentemente en el sistema 100. El medidor de oxígeno mide el nivel de oxígeno en sangre del usuario sobre el que se puede basar, por lo menos parcialmente, la producción de oxígeno.

10 Un sensor de altura 158 es un ejemplo de un sensor de entorno o ambiente que puede detectar el estado del entorno o ambiental sobre el que se puede basar, por lo menos parcialmente, el suministro de oxígeno gaseoso al usuario. El sensor de altura 158 puede ser utilizado solo o conjuntamente con cualquiera de los sensores antes mencionados, la unidad de control 110 y el generador de oxígeno gaseoso 102 para controlar el suministro de oxígeno gaseoso al usuario, de acuerdo con la altura o elevación detectadas. Por ejemplo, para alturas detectadas más elevadas, cuando el aire tiene una menor concentración, la unidad de control puede aumentar el caudal de oxígeno gaseoso al usuario 108 y para alturas detectadas más reducidas, cuando el aire está más concentrado, la unidad de control puede disminuir el flujo de oxígeno gaseoso hacia el usuario 108 o puede mantenerlo a un nivel de control.

20 Se observará de modo evidente por los técnicos en la materia que se pueden utilizar uno o varios sensores distintos para detectar un estado, en el cual se puede basar, por lo menos parcialmente, el suministro de oxígeno gaseoso al usuario. Además, cualquiera de las realizaciones descritas en lo anterior para regular la cantidad de oxígeno gaseoso suministrado al usuario 108, es decir, al controlador de velocidad variable 119, una válvula de suministro 160 (o realizaciones alternativas), se pueden utilizar con el sensor o sensores y la unidad de control 110 para controlar el suministro de oxígeno gaseoso al usuario 108.

25 D. Unidad de control

30 Con referencia a la figura 14, la unidad de control 110 puede adoptar cualquier forma bien conocida en la técnica y comprende un microprocesador central o CPU 160 en comunicación con los componentes del sistema que se han descrito con intermedio de uno o varios interfaces, controladores u otros elementos de circuito eléctrico para controlar y gestionar el sistema. El sistema 100 puede comprender un interfaz de usuario (figura 14) como parte de la unidad de control 110 o puede estar acoplado a la unidad de control 110 para permitir que el usuario, el profesional de servicios, doctor, etc. introduzca información, por ejemplo, una prescripción del nivel de oxígeno, caudal, nivel de actividad, etc. para controlar el sistema 100.

35 Los elementos principales de una realización del sistema 100 se han descrito en lo anterior. Las secciones siguientes describen una serie de características adicionales, una o varias de las cuales se pueden incorporar en las realizaciones de la invención que se han descrito como una o varias realizaciones separadas de la invención.

40 II. Dispositivo de conservación

45 Haciendo referencia a la figura 15, un dispositivo de conservación o dispositivo de demanda 190 puede ser incorporado al sistema 100 para utilizar de manera más eficaz el oxígeno producido por el generador de oxígeno gaseoso 102. Durante la respiración normal, el usuario 108 inhala durante aproximadamente un tercio del tiempo del ciclo de inhalación/inspiración y espira durante unos otros dos tercios del tiempo. Cualquier caudal de oxígeno proporcionado al usuario 108 durante la espiración no es útil para dicho usuario 108 y, como consecuencia, la potencia de batería adicional utilizada para proporcionar de manera efectiva este caudal adicional de oxígeno se desperdicia. Un dispositivo de conservación 190 puede comprender un sensor que detecta el ciclo inhalación/inspiración al detectar los cambios de presión en la cánula 111 u otra parte del sistema 100 y suministra oxígeno solamente durante la parte de inhalación o una fracción de la parte de inhalación del ciclo de respiración. Por ejemplo, dado que la última parte del aire inhalado no es especialmente útil porque queda atrapado entre la nariz y la parte superior de los pulmones, el dispositivo de conservación 190 puede estar configurado para interrumpir el flujo de oxígeno antes del final de la inhalación, mejorando la eficacia del sistema 100. Esta mejora de eficacia se traduce en una reducción de las dimensiones, peso, coste y exigencias de potencia del sistema 100.

55 El dispositivo de conservación 190 puede ser un dispositivo autónomo dispuesto en la conducción de salida del sistema 100, similar a un regulador para un dispositivo de inmersión acuática, o se puede acoplar a la unidad de control 110 para controlar el generador de oxígeno 102 para suministrar oxígeno solo durante la inhalación por el usuario 108.

60 El dispositivo de conservación 190 puede comprender uno o varios de los sensores que se han descrito. Por ejemplo, el dispositivo de conservación puede comprender un sensor para controlar el ritmo respiratorio del usuario.

65 El sistema 100 puede comprender también un dispositivo especial de retracción de la cánula para efectuar la retracción de la cánula cuando no se encuentra en utilización. Además, la cánula 111 puede tener diferentes longitudes y tamaños.

III. Recipiente de alta presión

Haciendo referencia a la figura 16, un recipiente de alta presión 164 puede ser situado en una conducción secundaria 166 para suministrar un suministro adicional de oxígeno gaseoso al usuario 108 cuando el generador de oxígeno gaseoso 102 no puede satisfacer las demandas de oxígeno gaseoso del usuario 108. Cualquiera de los componentes que se describen más adelante en la conducción secundaria 166 puede ser acoplado a la unidad de control 110 o a un controlador 167 (figura 14) del recipiente de alta presión para efectuar su control. Son situaciones a título de ejemplo en las que puede tener lugar esta necesidad adicional de oxígeno gaseoso cuando el usuario pasa de repente de situación inactiva a situación activa, por ejemplo, cuando se levanta de una silla, cuando el sistema 100 es puesto en marcha o cuando el sistema 100 pasa de una modalidad de conservación o de reposo a una modalidad activa. Tal como se utiliza en esta descripción, una conducción secundaria 166 se refiere a las conducciones, conexiones, etc. utilizadas para conectar los componentes de la conducción. Una válvula 168 puede ser controlada por la unidad de control 110 para permitir que el oxígeno gaseoso fluya hacia la conducción secundaria 166. Una válvula 168 puede ser configurada para permitir el flujo simultáneo tanto a la conducción de alimentación 121 como a la conducción secundaria 166, flujo solamente a la conducción de alimentación 121 o flujo solamente a la conducción secundaria 166.

Una bomba o compresor 168 preferentemente accionado por el motor 118 suministra el oxígeno gaseoso a una presión relativamente elevada, por ejemplo como mínimo aproximadamente 100 psi al recipiente de alta presión 164.

Una célula electroquímica productora de oxigenación 171 puede ser utilizada conjuntamente con los elementos descritos de la conducción secundaria 166 o en sustitución de los mismos, para suministrar oxígeno gaseoso adicional al usuario 108. Por ejemplo, la célula electroquímica 171 puede ser utilizada para suministrar oxígeno gaseoso a una presión relativamente elevada al recipiente de alta presión 164.

Un detector de presión 172 se encuentra en comunicación con el recipiente de alta presión 164 y la unidad de control 110, de manera que cuando la presión en el recipiente de alta presión 164 alcanza un cierto límite, la unidad de control 110 provoca que la válvula 168 dirija oxígeno a la conducción secundaria 166.

Se puede utilizar un regulador 174 para controlar el caudal y reducir la presión del oxígeno gaseoso hacia el usuario 108.

Una válvula 176 puede ser asimismo controlada por la unidad de control 110 para permitir que el oxígeno gaseoso procedente del recipiente de alta presión 164 pase a la conducción de suministro 121 cuando el usuario 108 requiere una cantidad de oxígeno gaseoso que no puede ser satisfecha por el generador de oxígeno gaseoso 102. La válvula 176 puede ser configurada para permitir el flujo simultáneo desde el generador de oxígeno gaseoso 102 y el recipiente de alta presión 164 desde únicamente el generador de oxígeno gaseoso 102 o desde solamente el recipiente de alta presión 164.

El sensor o sensores 106 están interrelacionados con la unidad de control 110 y el generador de oxígeno gaseoso 102 a efectos de suministrar una cantidad de oxígeno gaseoso equivalente a las necesidades de oxígeno gaseoso del usuario 108 basándose, como mínimo, en parte en una o varias condiciones detectadas por el sensor o sensores 106. Cuando el generador de oxígeno gaseoso 102 no puede satisfacer las demandas de oxígeno gaseoso del usuario 108, la unidad de control 110, basándose, como mínimo, en parte en la detección de una o varias condiciones indicativas de las necesidades de oxígeno del usuario, pueden hacer que el recipiente de alta presión 164 (con intermedio de la válvula 176) suministre el oxígeno gaseoso adicional necesario.

En la situación en la que el generador de oxígeno gaseoso 102 es capaz de satisfacer todas las necesidades de oxígeno gaseoso del usuario 108, pero está desconectado o se encuentra en la modalidad de conservación o reserva, el periodo de tiempo que el receptáculo de alta presión 164 suministra el oxígeno gaseoso, es decir, el periodo de tiempo en el que la válvula 176 conecta el recipiente de alta presión 164 con la conducción de alimentación 121 es, como mínimo, igual de largo que el tiempo requerido para que el generador de oxígeno gaseoso 102 pase de situación de paro o situación inactiva a situación de marcha o activa. En otro caso, la unidad de control 110 puede provocar que se suministre oxígeno gaseoso al usuario desde el receptáculo 164 de alta presión cuando la demanda de oxígeno gaseoso por parte del usuario supera la producción máxima de oxígeno del generador de oxígeno gaseoso 102. Si bien el receptáculo de alta presión 164 se ha mostrado y descrito siendo llenado por el generador de oxígeno gaseoso 102, en una realización alternativa, el receptáculo de alta presión 164 puede ser llenado por una fuente externa al sistema.

IV. Sistema de posicionamiento global

Haciendo referencia nuevamente a la figura 12, en una realización alternativa de la invención, el sistema 100 podría incluir un receptor 200 de un sistema de posicionamiento global (GPS) para determinar la localización del sistema 100. La localización del receptor 200 y, por lo tanto, del usuario 108 se puede transmitir a un ordenador en situación

remota con intermedio de un mecanismo de telemetría o módem 151. Esto puede ser deseable para localizar el usuario 108 en el caso de que éste tenga un problema de salud, por ejemplo un ataque cardíaco, accione un botón de pánico del sistema, se accione una alarma del sistema, o bien por alguna otra razón.

5 V. Opciones adicionales y accesorios

Además de la cuna 134, el sistema de concentración de oxígeno portátil 100 puede incluir opciones adicionales y accesorios. Se pueden utilizar para transportar el sistema 100 u otros accesorios del sistema una serie de distintos tipos de bolsas y estuches de transporte, tales como, sin efecto limitativo, una bolsa espaldera, una mochila, una bolsa riñonera, una bolsa frontal y una bolsa dividida de diferentes colores y modelos. Se puede utilizar una cubierta para proteger el sistema contra las inclemencias del tiempo u otros peligros ambientales. El sistema 100 puede ser transportado también con un carrito rodante, una maleta o una bolsa de viaje. La bolsa de viaje puede ser diseñada para transportar el sistema 100 y para incluir suficiente espacio para llevar las cánulas 111, baterías adicionales, un adaptador, etc. Se incluyen entre los ejemplos de ganchos, bandas, soportes para sostener el sistema 100, sin que ello sea limitativo, ganchos para cinturones de asiento de automóviles, ganchos/bandas de peatones, ganchos/bandas para sillas de ruedas, ganchos/bandas para camas hospitalarias, ganchos para otros dispositivos médicos tales como ventiladores, ganchos/bandas para una bolsa de golf o carrito de golf, ganchos/bandas para una bicicleta y un gancho de suspensión. El sistema 100 puede incluir también una o varias opciones de alarma. Una alarma del sistema 100 puede ser accionada en caso de que, por ejemplo, un estado fisiológico detectado del usuario 108 queda fuera de un rango predefinido. Además, la alarma puede comprender una alarma de pánico que puede ser accionada manualmente por el usuario 108. La alarma puede accionar un zumbador u otro dispositivo sonoro del sistema 100 y/o puede provocar el envío de una comunicación con intermedio del mecanismo de telemetría o módem 151 a otra entidad, por ejemplo, un doctor, un operador del 911, un cuidador, un miembro de la familia, etc.

Si bien la presente invención ha sido descrita en términos de algunas realizaciones preferentes, otras realizaciones evidentes a los técnicos ordinarios a la materia se encontrarán también dentro del ámbito de la invención. De acuerdo con ello, el alcance de la presente invención está destinado a quedar definido solamente por las reivindicaciones siguientes.

A continuación se describirá la invención de manera más detallada haciendo referencia a varios aspectos y realizaciones de la misma:

El sistema portátil para la concentración de oxígeno adaptado para ser transportado fácilmente por para el usuario comprende una fuente de energía recargable; un concentrador accionado por dicha fuente de energía y adaptado para convertir aire ambiente en oxígeno gaseoso concentrado para el usuario, incluyendo el concentrador una serie de lechos de adsorción y un conjunto de válvula rotativa, teniendo dicho conjunto de válvula rotativa capacidad de rotación con respecto a la serie de lechos de adsorción para proporcionar acción de válvulas para transferir de forma selectiva fluidos a través de la serie de lechos de adsorción para convertir aire ambiente en oxígeno gaseoso concentrado para el usuario, y las otras características de la reivindicación 1.

Preferentemente, el concentrador comprende exactamente cinco lechos de adsorción.

Preferentemente, el conjunto de válvula rotativa comprende una placa de aberturas de válvula y una zapata de válvula rotativa que tienen superficies respectivamente en acoplamiento y que son rotativas de manera relativa alrededor de un eje común de rotación para proporcionar acción de válvulas para transferir selectivamente fluidos a través de las mismas y un mecanismo de centrado distinto de un motor, para centrar la zapata de la válvula rotativa con respecto a la placa de las aberturas de válvula.

Preferentemente, la placa de aberturas de válvula y la zapata de válvula rotativa incluyen correspondientes orificios centrales y el mecanismo de centrado comprende un pasador de centrado dispuesto en los orificios centrales de la placa de aberturas de válvula y la zapata de válvula rotativa para centrar la zapata de válvula rotativa con respecto a la placa de abertura de válvula.

Preferentemente, la placa de abertura de válvula y la zapata de válvula rotativa comprenden paredes laterales cilíndricas y el mecanismo de centrado comprende un anillo de centrado dispuesto alrededor de las paredes laterales de la placa de la abertura de válvula y la zapata de válvula rotativa para centrar la zapata de válvula rotativa con respecto a la placa de la abertura de válvula.

Los lechos de adsorción llevan material adsorbente y comprenden un primer extremo, un segundo extremo, un medio adsorbente dispuesto en los lechos de adsorción entre el primer y segundo extremo, una caperuza de retención de los medios dispuesta entre los medios adsorbentes y el segundo extremo, un resorte para obligar a la caperuza de retención de los medios contra el material adsorbente para retener los medios adsorbentes en su lugar y el resorte no situado en una trayectoria de flujo de los lechos de adsorción.

65

Preferentemente, la caperuza de recepción de medios comprende una superficie que establece contacto con los medios adsorbentes, incluyendo la superficie un orificio central y una serie de nervios que radian desde el orificio central.

- 5 Preferentemente, la caperuza de retención de medios incluye una base de fondo con una parte interior y el resorte está dispuesto en la parte interior de la base de fondo.

- 10 Preferentemente, el conjunto de válvula rotativa incluye una placa de abertura de válvula y una zapata de válvula rotativa que tienen acopladas respectivamente superficies y son rotativas de forma relativa alrededor de un eje común de rotación para proporcionar una acción de válvula para transferir selectivamente fluidos a través de la misma y comprendiendo además el sistema portátil para la concentración de oxígeno un motor para obligar el giro a la zapata de la válvula rotativa y uno o varios enlaces elásticos para acoplar el motor a la zapata de la válvula rotativa.

- 15 Preferentemente, el motor comprende un eje de impulsión y una rueda de impulsión con uno o varios elementos de soporte salientes, incluyendo la zapata de la válvula rotativa uno o varios elementos salientes de soporte y el enlace elástico conecta dichos elemento o elementos salientes de soporte de la rueda de impulsión con uno o varios elementos salientes de soporte de la zapata de la válvula rotativa.

- 20 Preferentemente, el concentrador comprende lechos de adsorción de plástico y una cubierta metálica que rodea los lechos de adsorción de plástico.

Preferentemente, los lechos de adsorción son recipientes alargados, moldeados, de plástico.

- 25 Preferentemente, la tapa metálica está realizada en aluminio y rodea los lechos de adsorción para formar un depósito de producto.

- 30 Preferentemente, el conjunto de válvula rotativa incluye una placa de abertura de válvula y una zapata de válvula rotativa que tienen superficies de acoplamiento respectivas y que son rotativas de forma relativa alrededor de un eje común de rotación para proporcionar acción de válvula para poner los lechos de adsorción en un ciclo de adsorción de presión oscilante y el ciclo de adsorción de presión oscilante comprende una serie de etapas de igualación en cada lecho de adsorción comprendidos entre dos y ocho.

- 35 Preferentemente, el ciclo de adsorción por oscilación de presión comprende una serie de etapas de igualación en cada lecho de adsorción comprendidos entre dos y seis.

Preferentemente, el ciclo de adsorción por oscilación de presión comprende cuatro etapas de igualación en cada lecho de adsorción.

- 40 Preferentemente, las etapas de igualación comprenden una primera etapa descendente de igualación, una segunda etapa descendente de igualación, una primera etapa ascendente de igualación y una segunda etapa ascendente de igualación.

- 45 Preferentemente, los lechos de adsorción incluyen un extremo de alimentación y un extremo de producto y la igualación tiene lugar entre los extremos del producto de los lechos de adsorción.

Preferentemente, el sistema portátil para la concentración de oxígeno incluye además un compresor de velocidad variable para suministrar aire ambiente al concentrador.

- 50 Preferentemente, la recuperación de oxígeno a partir del aire desde el concentrador es de 45-71% aproximadamente a 90% de pureza.

- 55 Preferentemente, el conjunto de válvula rotativa comprende una placa de abertura de válvula y una zapata de válvula rotativa que tienen respectivamente superficies acopladas y que son rotativas de manera relativa alrededor de un eje de rotación común para proporcionar acción de válvula para transferir selectivamente fluidos a través de la misma, teniendo dicha placa de la abertura de válvula, como mínimo, dos aberturas interconectadas con un mínimo de dos lechos de adsorción y teniendo dicha zapata de la válvula rotativa una segunda superficie de válvula en oposición a dicha superficie de acoplamiento que tiene, como mínimo, un paso de igualación para alinearse con dichas, como mínimo, dos aberturas de la placa de aberturas para igualar la presión en dichos, como mínimo, dos lechos de adsorción.

- 60 Preferentemente, una pérdida de carga a través del conjunto de válvula rotativa no es superior a 6,89 KPa (1 PSI) cuando el concentrador produce 3 LPM de oxígeno gaseoso.

5 Preferentemente, el mecanismo de la válvula rotativa comprende una placa de orificios de válvula y una zapata de válvula rotativa que tienen respectivamente superficies acopladas y que son rotativas alrededor de un eje común de rotación para proporcionar acción de válvula para transferir de manera selectiva fluidos a través de las mismas, variándose la velocidad de rotación de la zapata de la válvula rotativa con respecto a la placa de aberturas de válvulas a efectos de proporcionar la temporización de ciclo deseada para una producción determinada de producto.

10 Preferentemente, el sistema portátil para la concentración de oxígeno comprende además un compresor de velocidad variable para suministrar aire ambiente comprimido al concentrador y la velocidad de rotación de la zapata de válvulas rotativa con respecto a la placa de aberturas de válvula se varía en combinación con la variación de velocidad del compresor de velocidad variable a efectos de proporcionar la temporización de ciclo deseada y la velocidad de suministro deseada de aire ambiente al concentrador para una producción determinada de producto.

15 Preferentemente, el conjunto de válvula rotativa incluye una placa de aberturas de válvula y una zapata de válvula rotativa que tienen superficies respectivas acopladas y que son rotativas de forma relativa alrededor de un eje común de rotación para proporcionar acción de válvula para transferir selectivamente fluidos a través de las mismas y la zapata de válvula rotativa comprende un mecanismo de sellado de vacío que contrarresta la fuerza de la presión que actúa para desplazar la zapata de válvula rotativa de la placa de aberturas de válvula.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema portátil (100) para la concentración de oxígeno, adaptado para su transporte fácil por el usuario, comprendiendo: una fuente de energía recargable interna (104); un dispositivo de separación de aire (102) accionado por dicha fuente de energía (104) y adaptado para convertir aire ambiente en oxígeno gaseoso concentrado para dicho usuario; incluyendo el dispositivo de separación de aire (102) una serie de columnas de adsorción (300), cada una de las cuales comprende un extremo de alimentación (360) y un extremo del producto (350), así como una válvula (310) que puede funcionar con respecto a la serie de columnas de adsorción (300) para proporcionar una acción de válvula para transferir selectivamente fluidos a través de la serie de columnas de adsorción (300) para convertir aire ambiente en oxígeno gaseoso concentrado para dicho usuario; y en el que el sistema portátil para la concentración de oxígeno (100) peso 2-15 libras y las columnas de adsorción (300) , caracterizado porque: la válvula (310) es una válvula rotativa, la válvula rotativa (310) es rotativa de forma relativa con respecto a la serie de columnas adsorbentes (300), incluyendo cada una de las columnas adsorbentes (300) un lecho adsorbente en forma de capas que tiene dos o más capas de materiales adsorbentes distintos, incluyendo las 15 dos o más capas de material adsorbente distinto, como mínimo, una capa adsorbente de agua y una capa adsorbente de nitrógeno, estando situada la capa adsorbente de agua más próxima al extremo de alimentación que la capa de adsorción de nitrógeno.
- 20 2. Sistema portátil para la concentración de oxígeno (100), según la reivindicación 1, en el que la capa de adsorción de agua es de alúmina activada.
3. Sistema portátil (100) para la concentración de oxígeno, según la reivindicación 1, en el que la capa de adsorción de agua es de gel de sílice.
- 25 4. Sistema portátil (100) para la concentración de oxígeno, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la capa de adsorción de nitrógeno es una zeolita de tipo X con intercambio de litio.
5. Sistema portátil (100) para la concentración de oxígeno, según las reivindicaciones 1 a 4, en el que el tamaño de los granulos de la zeolita de tipo X con intercambio de litio es de 0,2 a 0,6 mm.
- 30 6. Sistema portátil (100) para la concentración de oxígeno, según las reivindicaciones 4 ó 5, en el que la zeolita de tipo X con intercambio de litio adopta la forma de una estructura rígida o de papel arrollado.
- 35 7. Sistema portátil (100) para la concentración de oxígeno, según las reivindicaciones 1 a 6, en el que el dispositivo de separación de aire (102) comprende cinco columnas de adsorción (300).
8. Sistema portátil (100) para la concentración de oxígeno, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que las columnas de adsorción (300) están rodeadas de una cubierta metálica (300).
- 40 9. Sistema portátil (100) para la concentración de oxígeno, según la reivindicación 8, en el que la cubierta metálica (330) está realizada en aluminio y rodea las columnas adsorbentes (300) para formar un depósito del producto.
- 45 10. Sistema portátil (100) para la concentración de oxígeno, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que las columnas de adsorción (300) son recipientes de plástico alargados, moldeados.
11. Sistema portátil (100) para la concentración de oxígeno, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la recuperación de oxígeno del aire a partir del dispositivo separador de aire (102) es de 45-71% con una pureza aproximada de 90%.

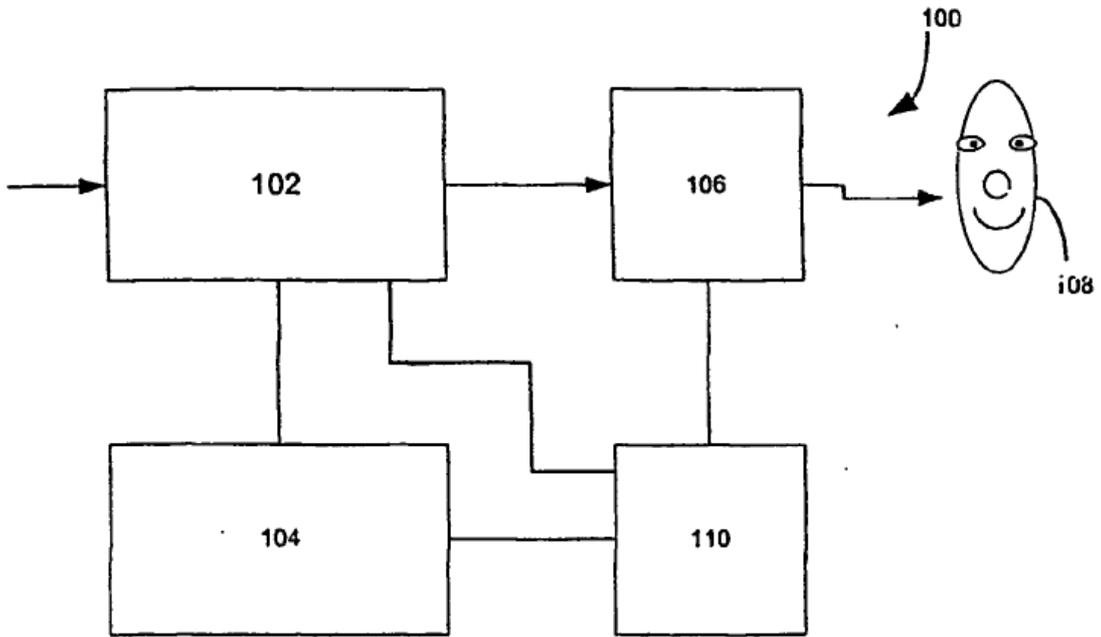


Figura 1

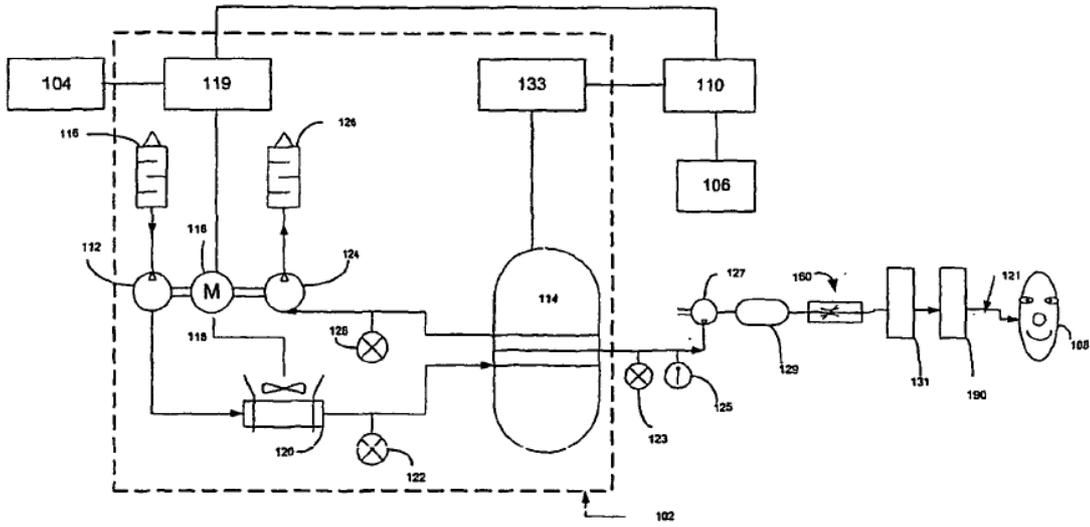


Figura 2

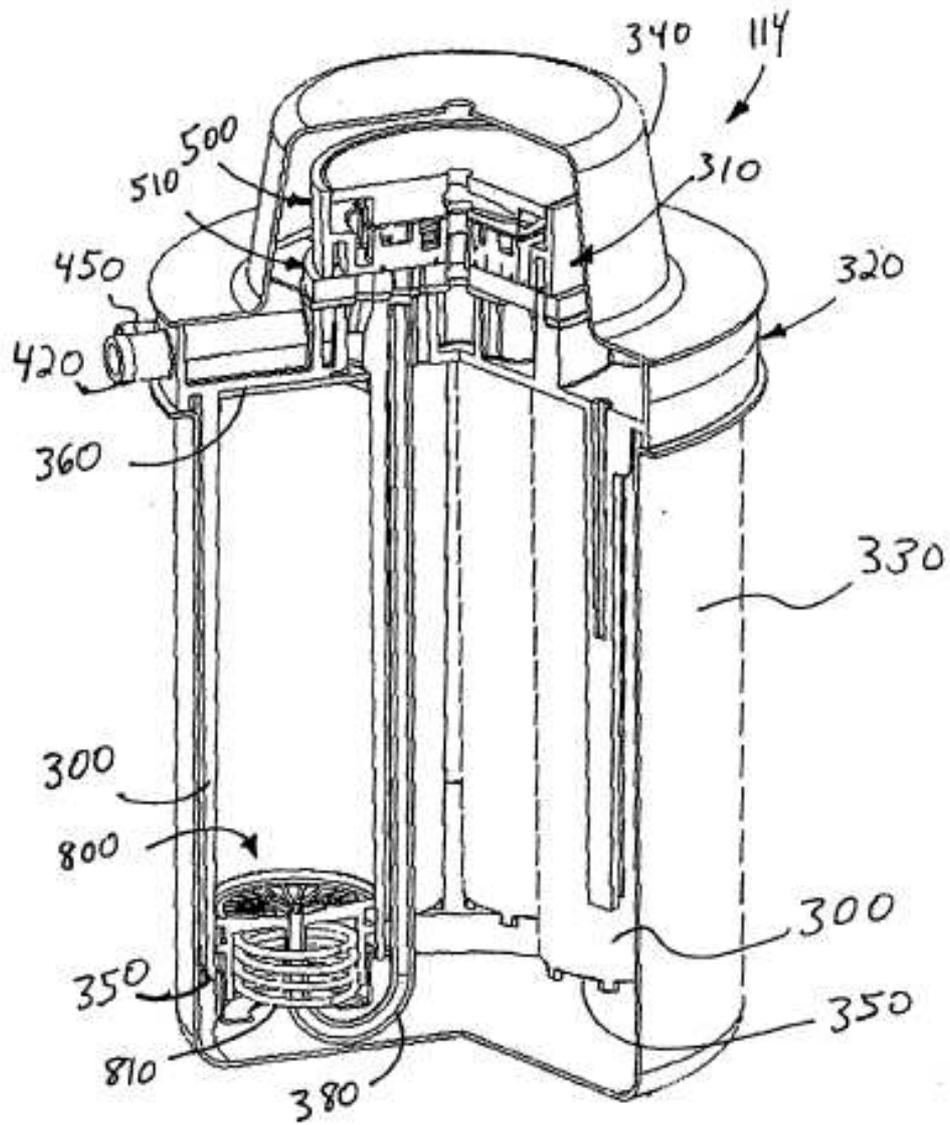


Figura 3 A

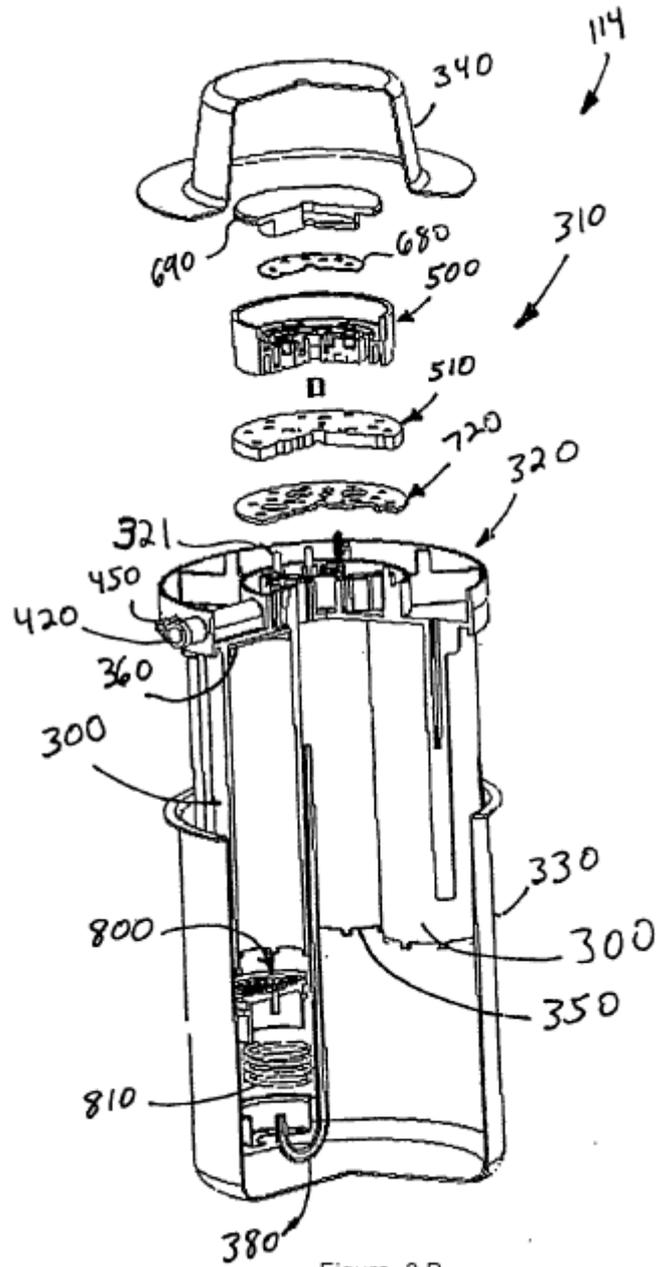


Figura 3 B

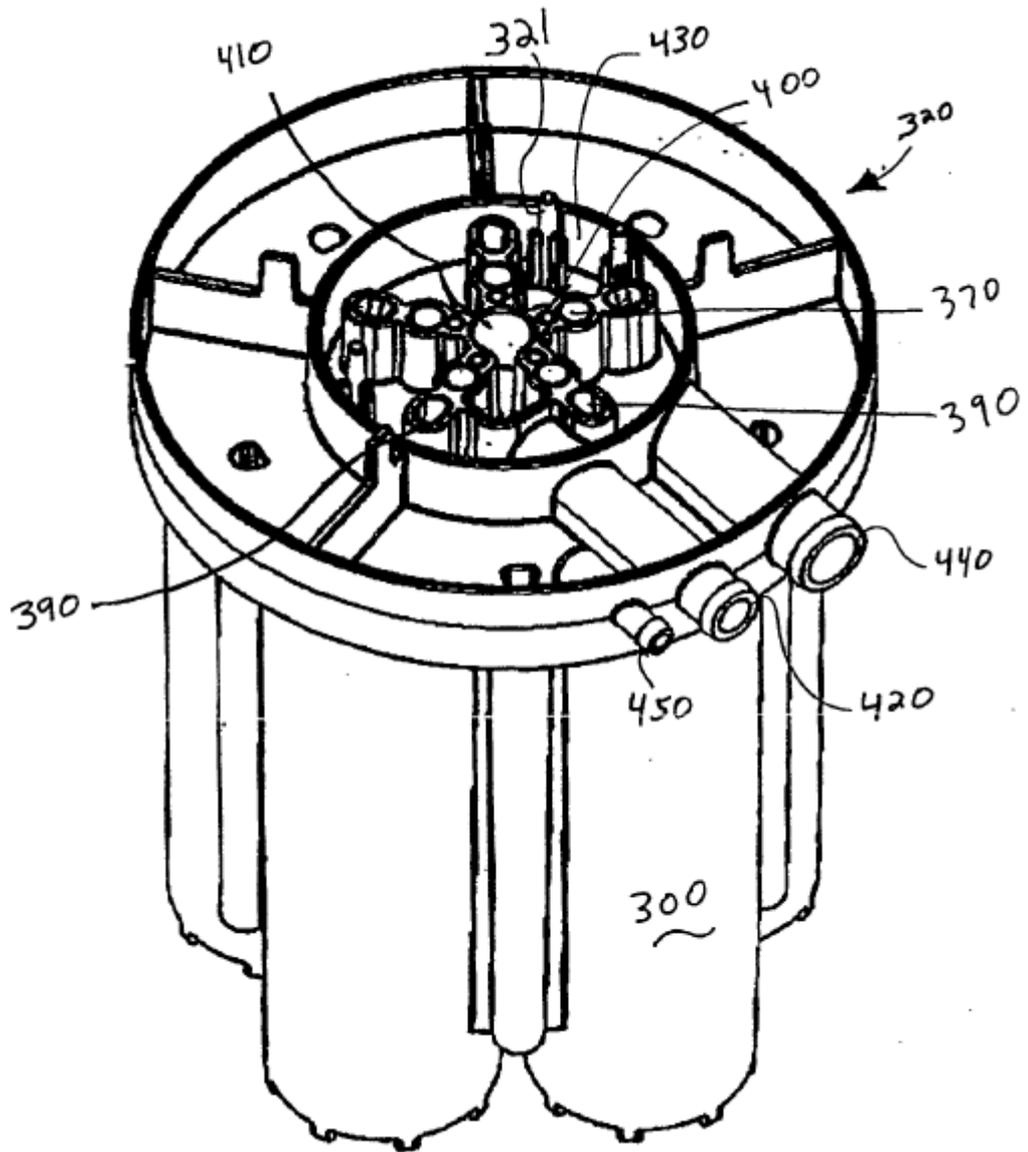


Figura 4

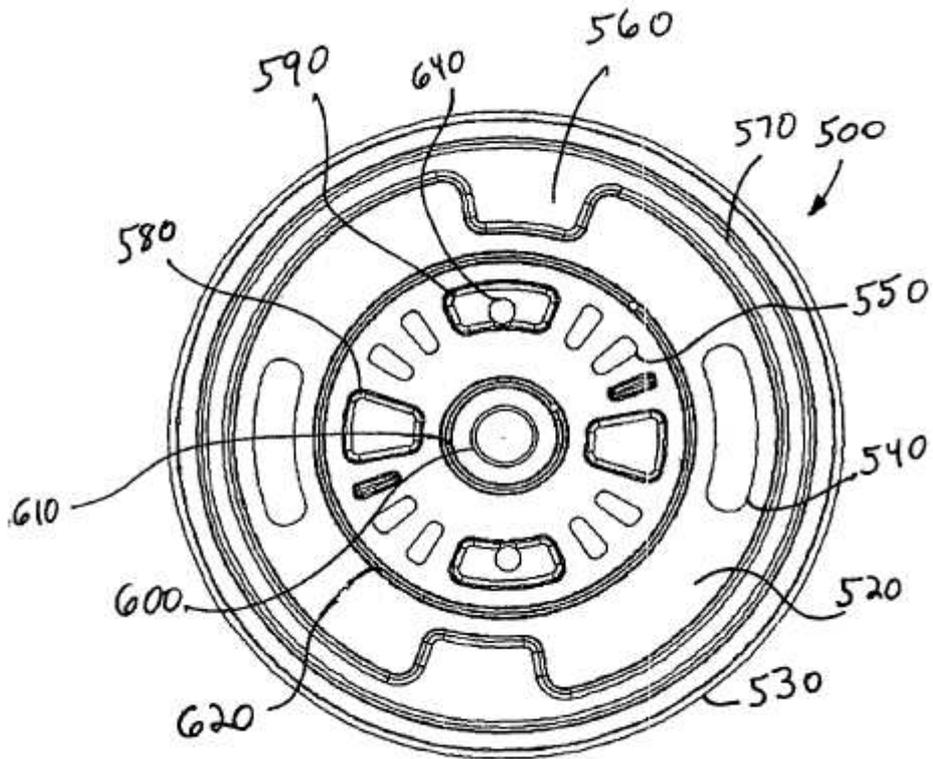


Figura 5 A

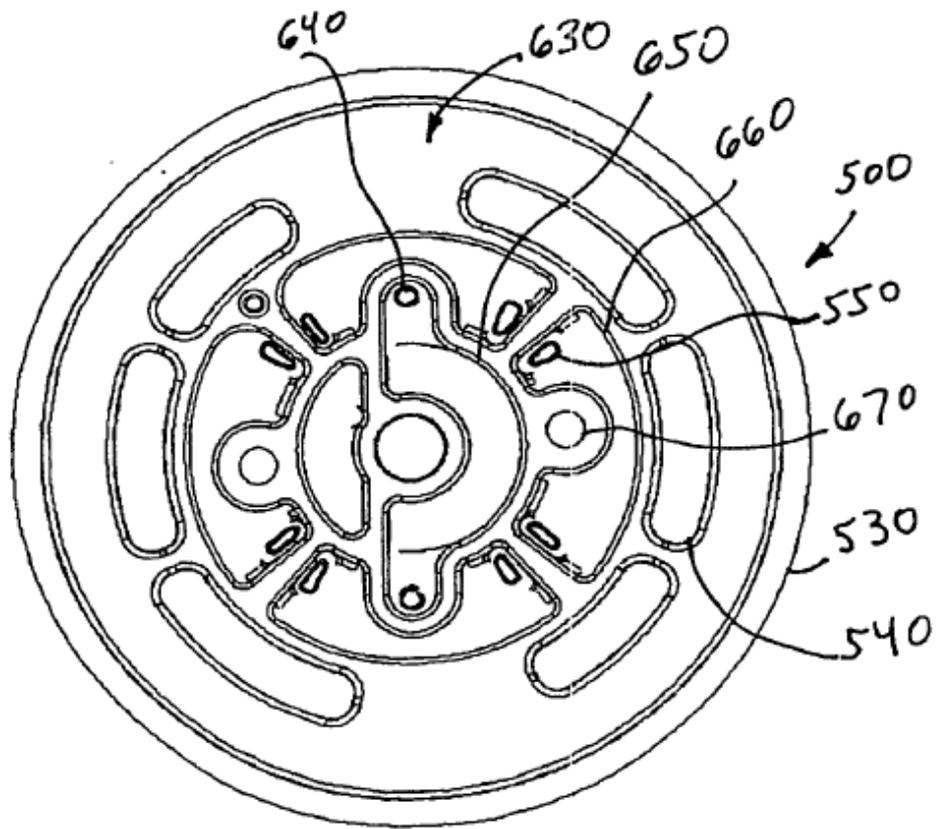
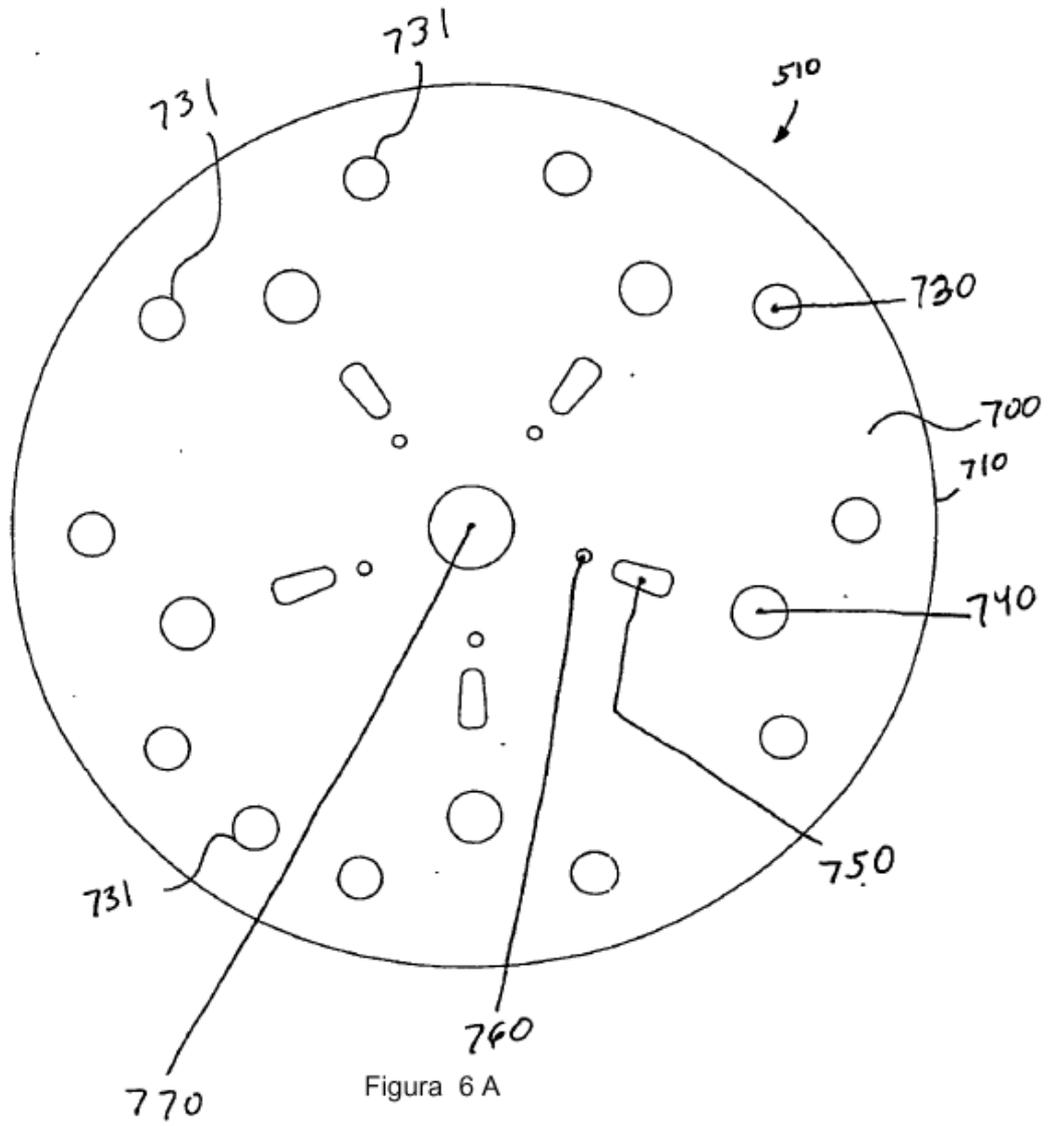


Figura 5 B



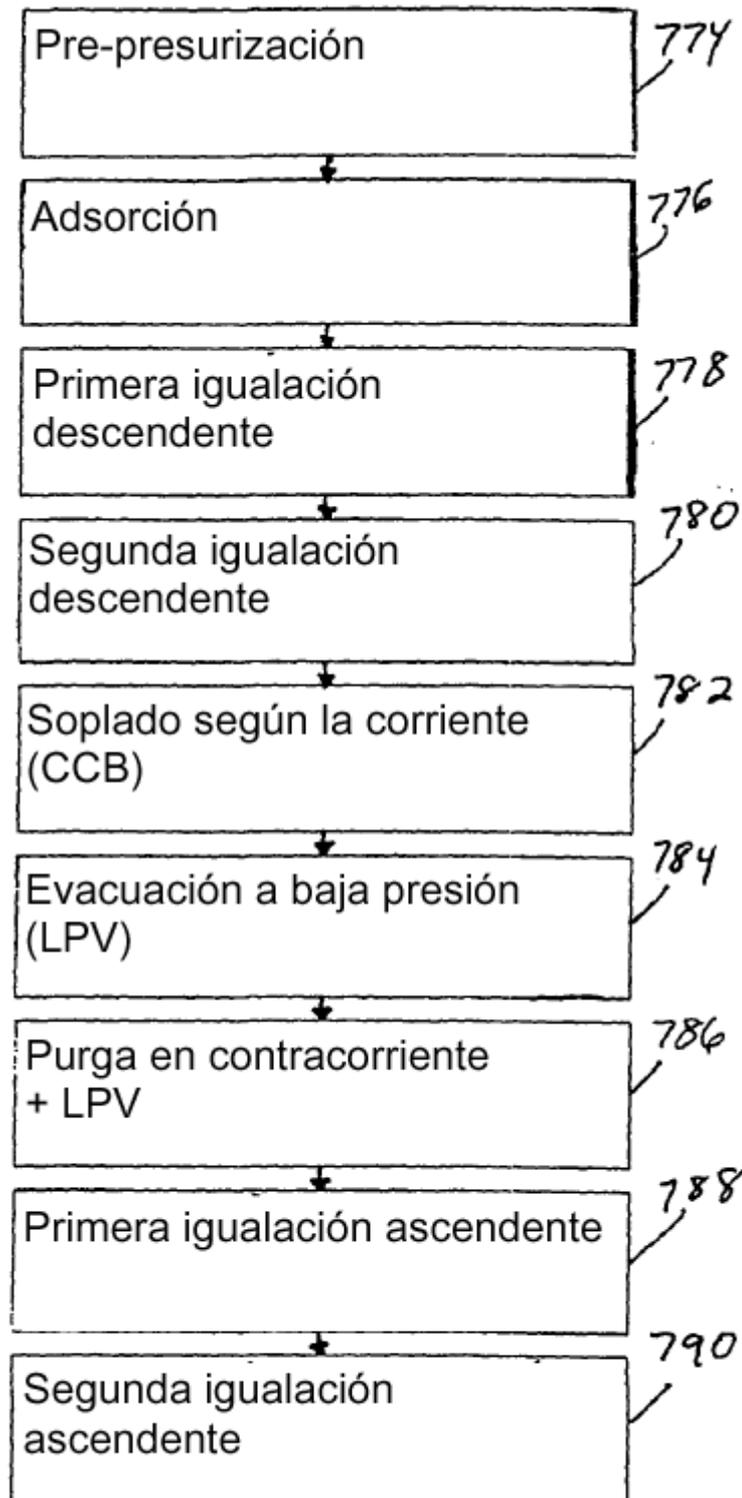


Figura 6 B

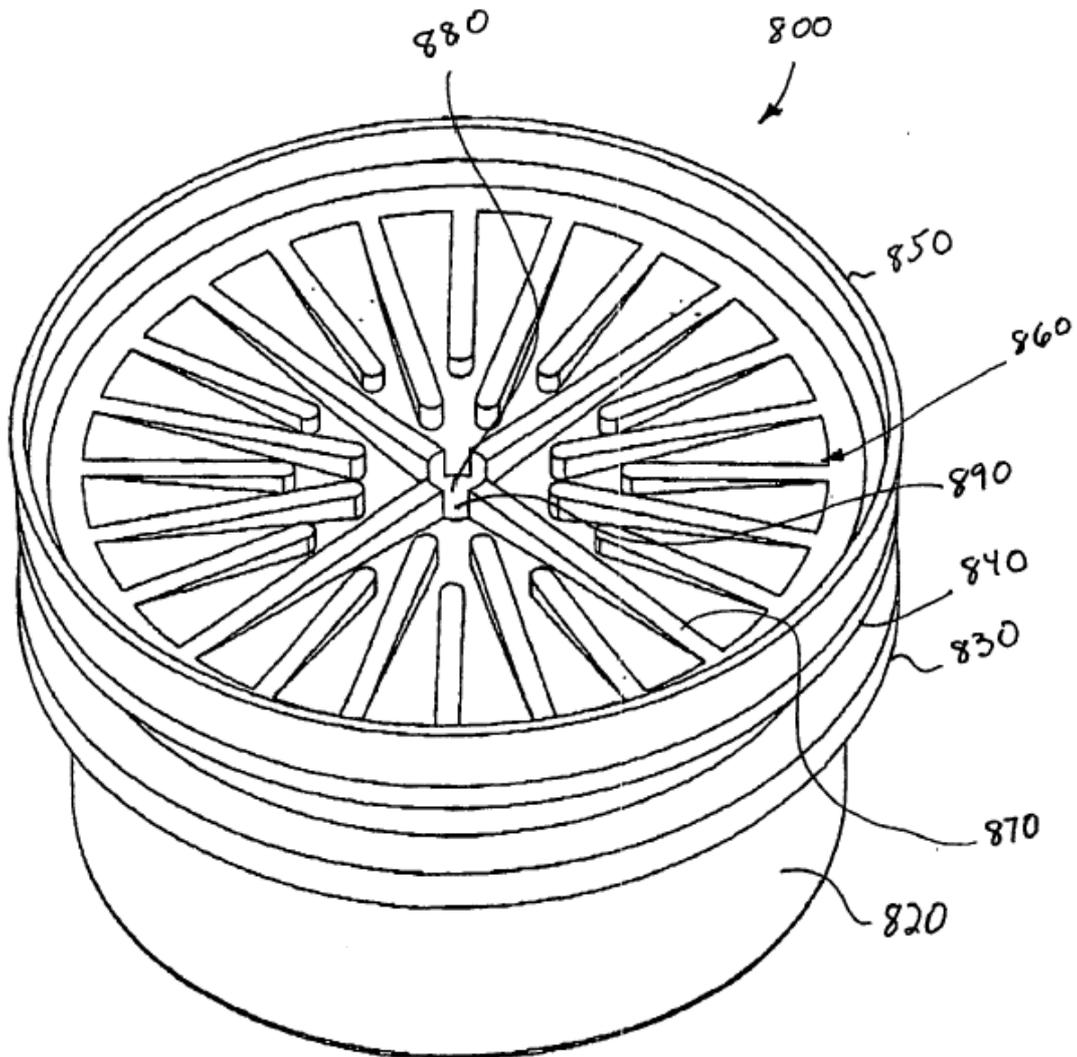


Figura 7 A

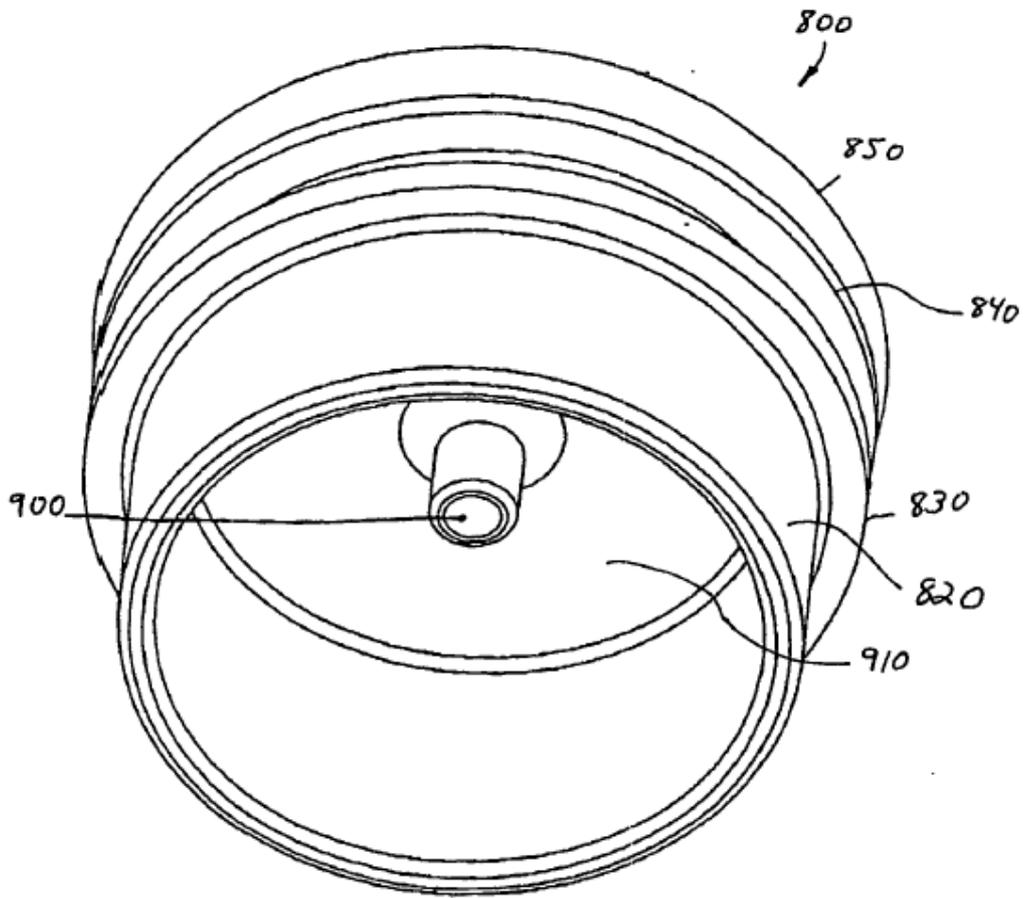


Figura 7 B

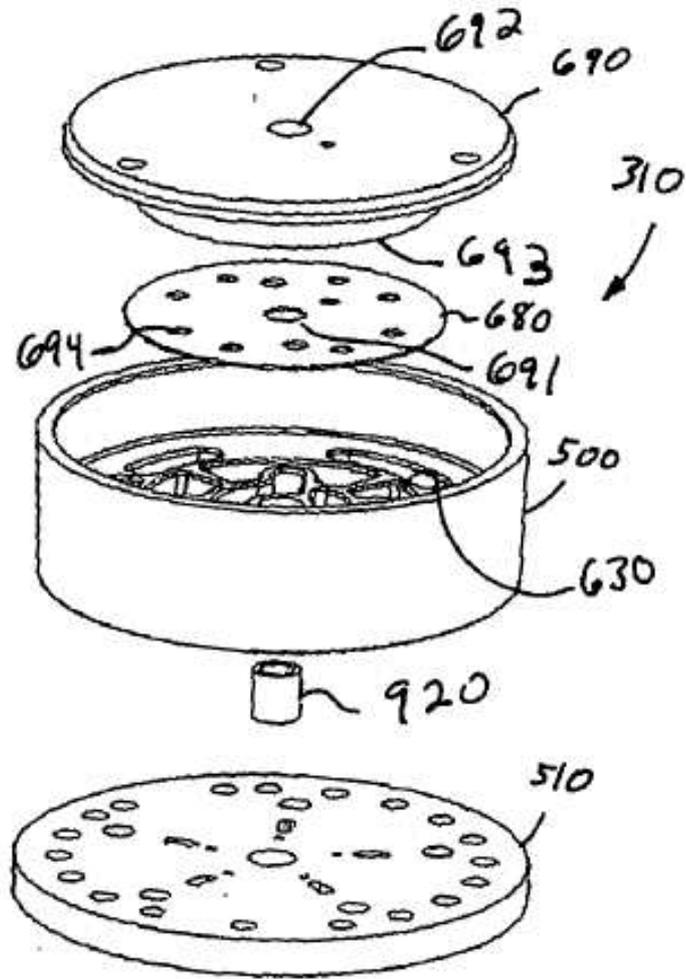


Figura 8 A

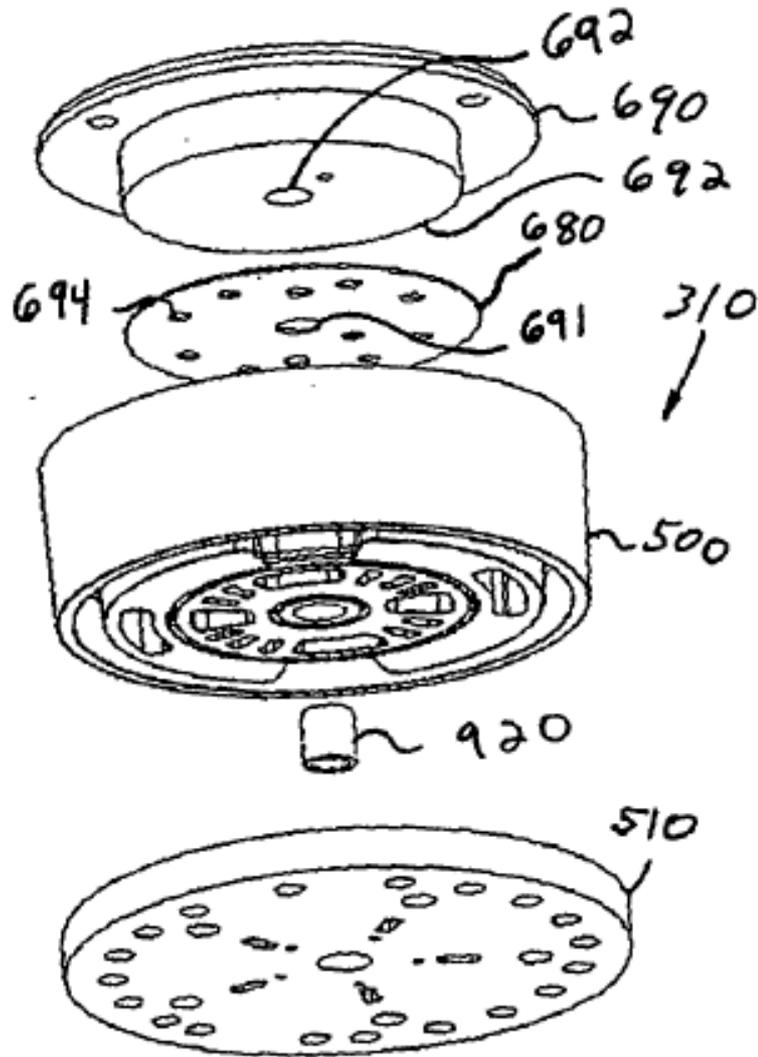


Figura 8 B

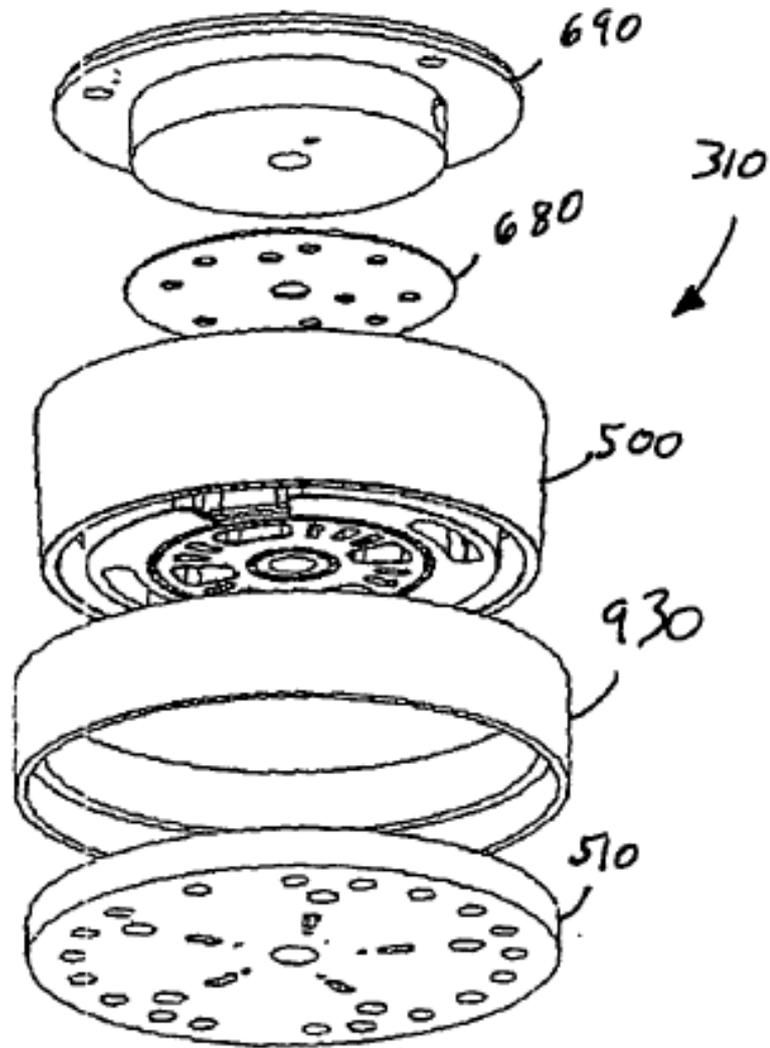


Figura 9 A

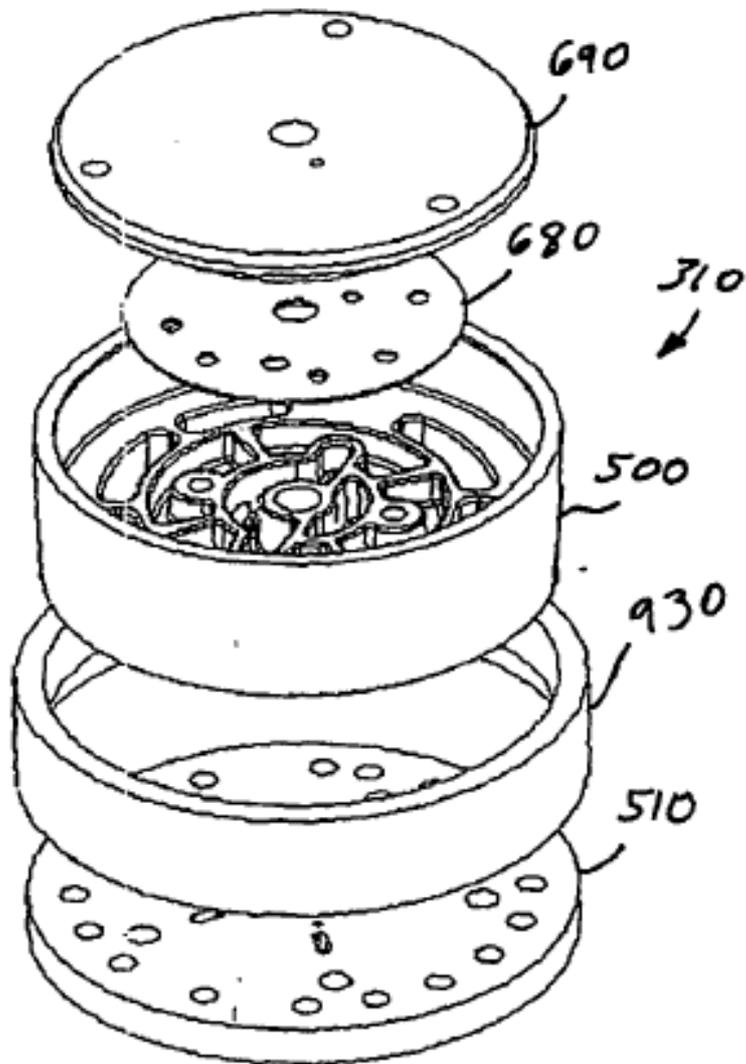


Figura 9 B

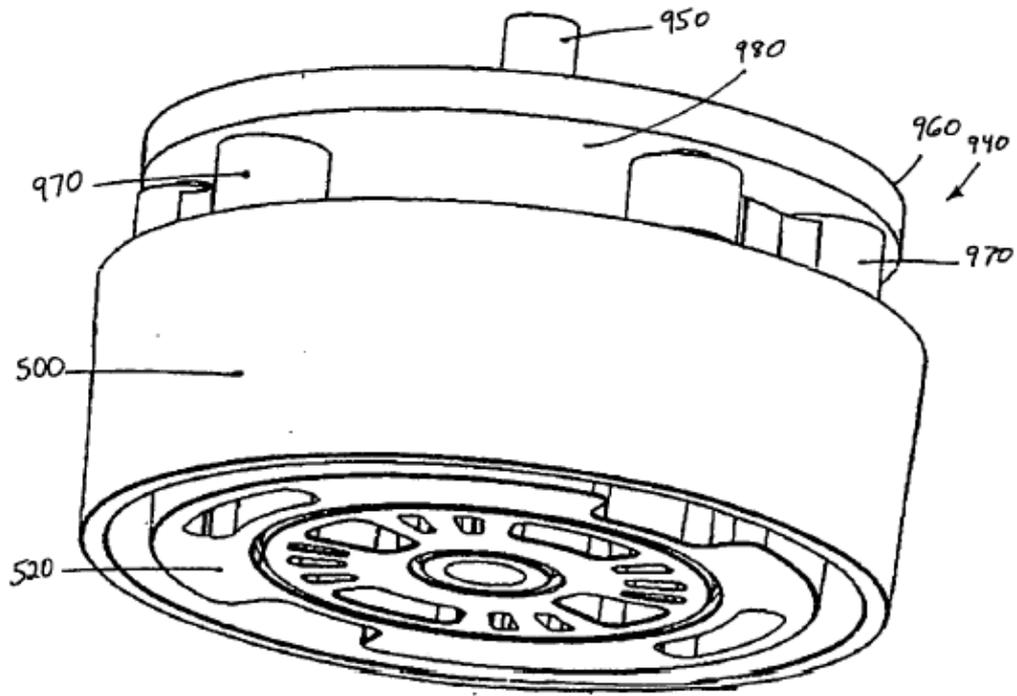


Figura 10 A

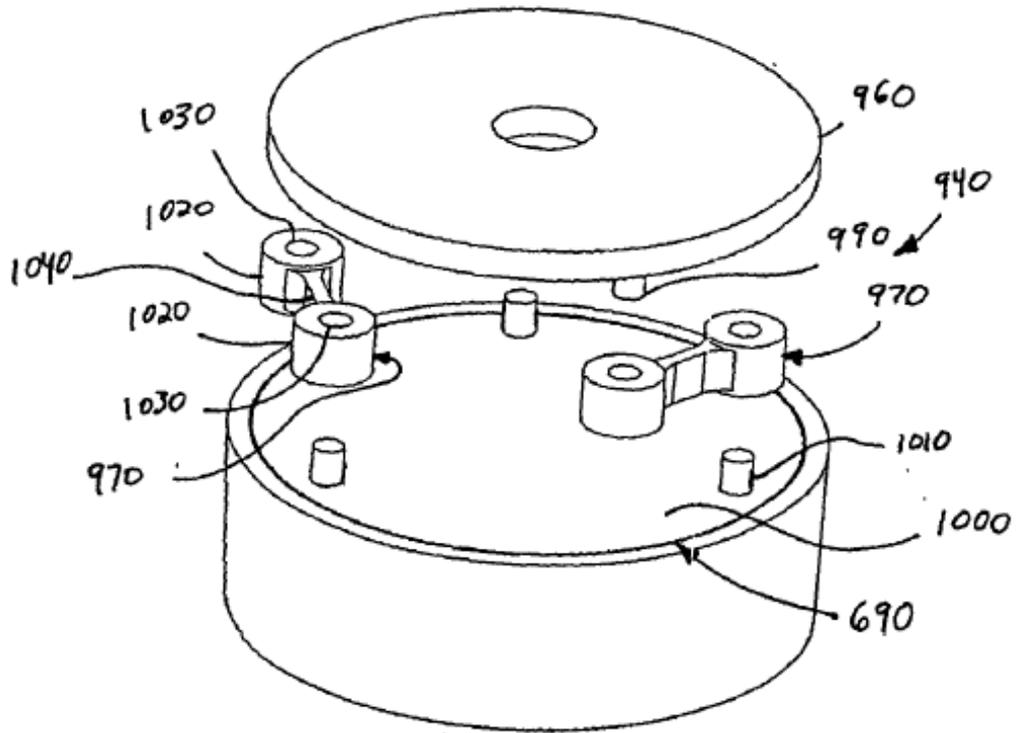


Figura 10 B

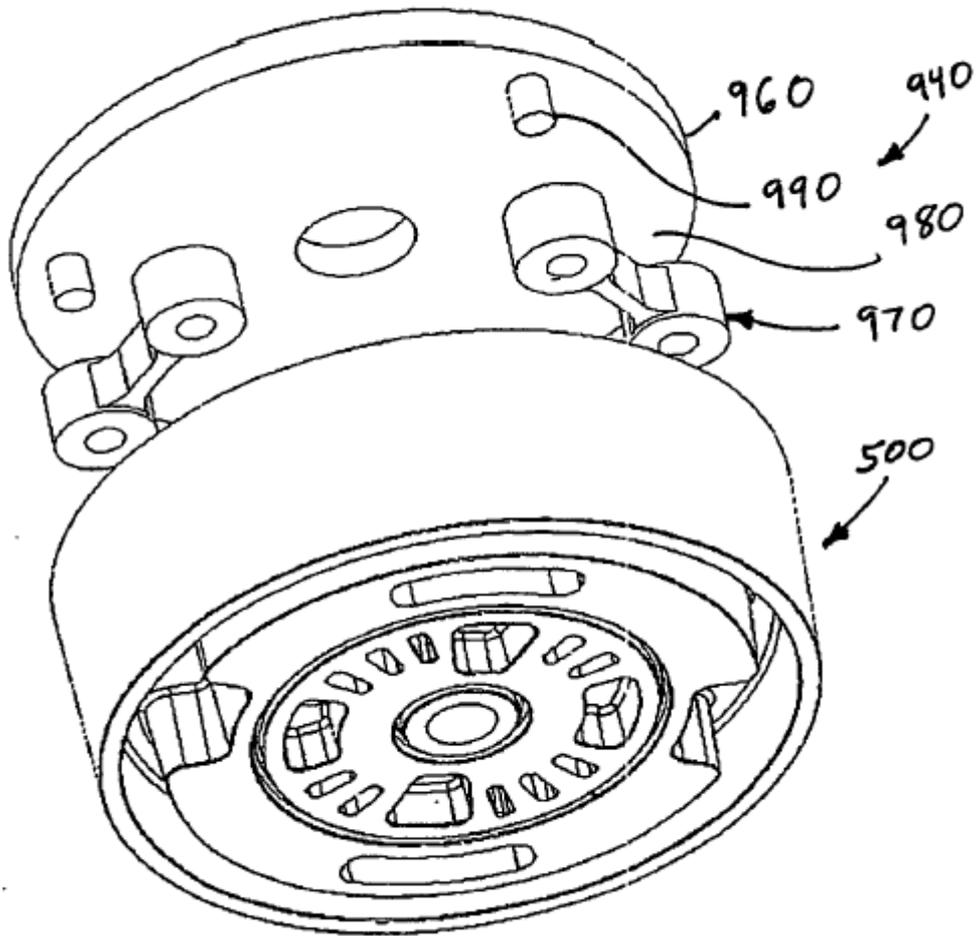


Figura 10 C

Caudal de producto (slpm)	Recuperación (%)	Pureza del producto (%)	Presión de alimentación (psig)	Presión de vacío (psig)	Caudal (slpm)		Trabajo adiabático (W)*		
					Comp.	Vacío	Comp	Vacío	Total
3.0	55.1	91.7	7.7	-7.0	23.8	20.8	17.9	20.6	38.5
3.0	53.6	90.4	7.2	-7.0	24.1	21.1	17.1	21.2	38.3
3.0	53.6	90.9	7.2	-7.0	24.2	21.2	17.2	21.2	38.4
1.0	54.6	91.6	9.0	-7.0	8.0	7.0	6.9	7.0	13.9
2.0	57.2	92.0	10.6	-7.0	15.3	13.3	15.2	13.3	28.4
3.0	54.9	92.3	9.6	-7.5	24.0	21.0	21.8	22.9	44.7
2.8	51.7	93.6	10.1	-7.4	24.1	21.3	22.9	22.8	45.8
2.5	46.3	94.5	10.3	-7.5	24.3	21.8	23.5	23.8	47.2
3.2	56.3	90.7	9.9	-7.5	24.6	21.4	23.0	23.3	46.3
3.4	58.4	88.0	9.9	-7.0	24.4	21.0	22.8	20.9	43.7
2.0	46.9	94.7	12.1	-7.1	19.3	17.3	21.3	17.5	38.8
2.2	51.3	94.3	11.9	-7.2	19.3	17.1	21.0	17.6	38.6
2.4	55.6	93.6	11.7	-7.3	19.3	16.9	20.8	17.7	38.5
2.5	57.9	92.7	11.1	-7.3	19.1	16.6	19.7	17.4	37.1
2.8	61.8	89.0	11.3	-7.2	19.2	16.4	20.0	16.9	37.0
1.5	58.1	94.3	10.8	-7.2	11.2	9.8	11.3	10.1	21.4
1.5	59.9	94.0	10.8	-7.2	11.2	9.7	11.3	10.0	21.3
1.6	67.3	90.1	10.4	-7.3	11.2	9.4	10.9	9.9	20.8
1.0	64.0	94.1	9.0	-7.2	7.0	6.0	6.1	6.2	12.3
1.2	70.4	86.3	8.5	-7.4	7.0	5.8	5.8	6.2	12.0
1.1	68.1	90.3	8.7	-7.3	7.0	5.9	5.8	6.2	12.0
2.5	45.5	94.4	9.5	-6.1	24.7	22.2	22.3	18.8	41.1
2.8	50.5	93.7	9.7	-6.2	24.8	22.0	22.8	18.9	41.7
3.0	54.1	92.5	10.1	-6.3	24.4	21.4	23.2	18.6	41.8
3.2	56.3	90.7	9.9	-6.4	24.6	21.4	22.9	18.8	41.7
3.5	59.2	87.4	9.7	-6.4	24.6	21.1	22.7	18.8	41.5
1.0	46.0	90.9	5.8	-5.3	9.4	8.4	5.5	5.9	11.5
2.0	47.8	90.5	6.7	-5.4	18.0	16.0	12.0	11.6	23.6
3.0	48.2	90.7	10.1	-5.6	26.9	23.9	25.6	17.9	43.5
1.0	52.3	92.3	5.7	-6.1	8.4	7.4	4.9	6.1	11.0
1.0	51.3	91.1	5.3	-6.0	8.5	7.5	4.6	6.2	10.8
2.0	51.6	92.4	7.3	-5.9	17.1	15.1	12.2	12.2	24.4
2.0	52.4	91.5	7.1	-5.9	16.6	14.6	11.7	11.8	23.5
3.0	48.6	89.9	8.5	-5.8	26.4	23.4	21.8	18.3	40.1
3.0	48.9	90.7	8.8	-5.8	26.5	23.5	22.6	18.4	40.9

Figura 11

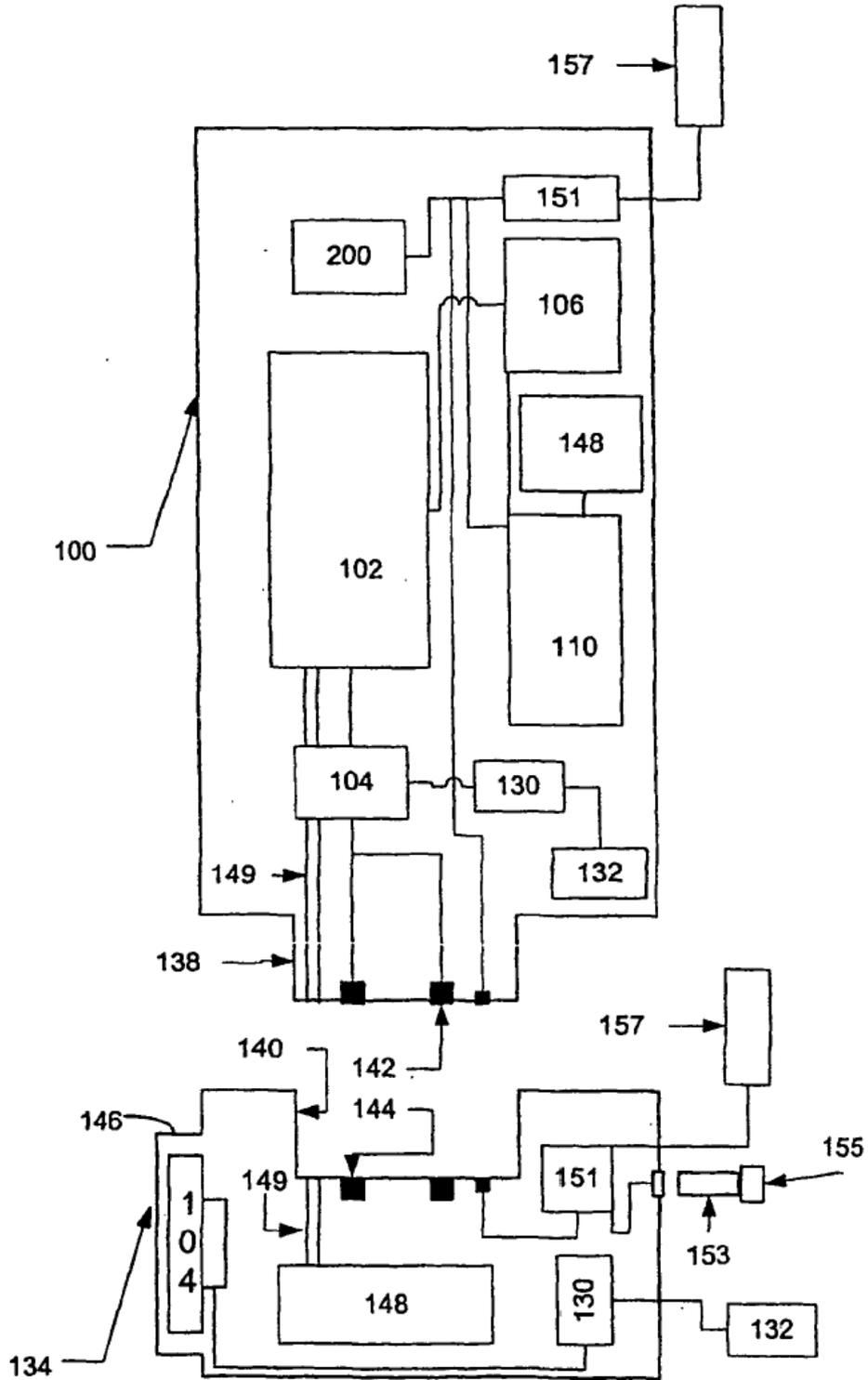


Figura 12

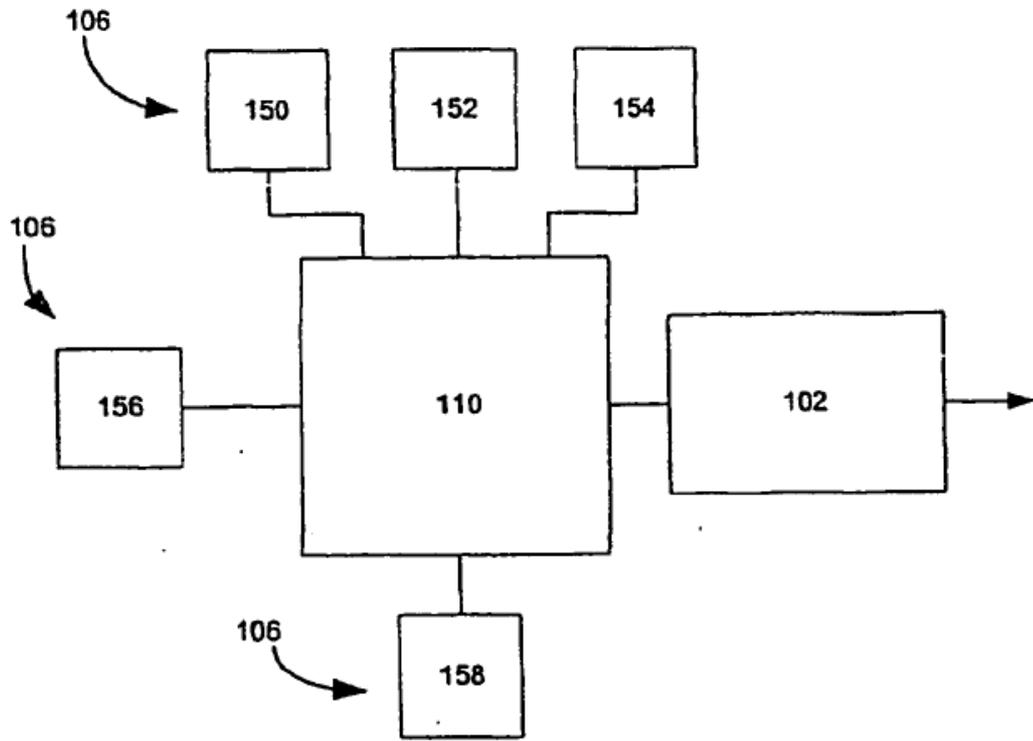


Figura 13

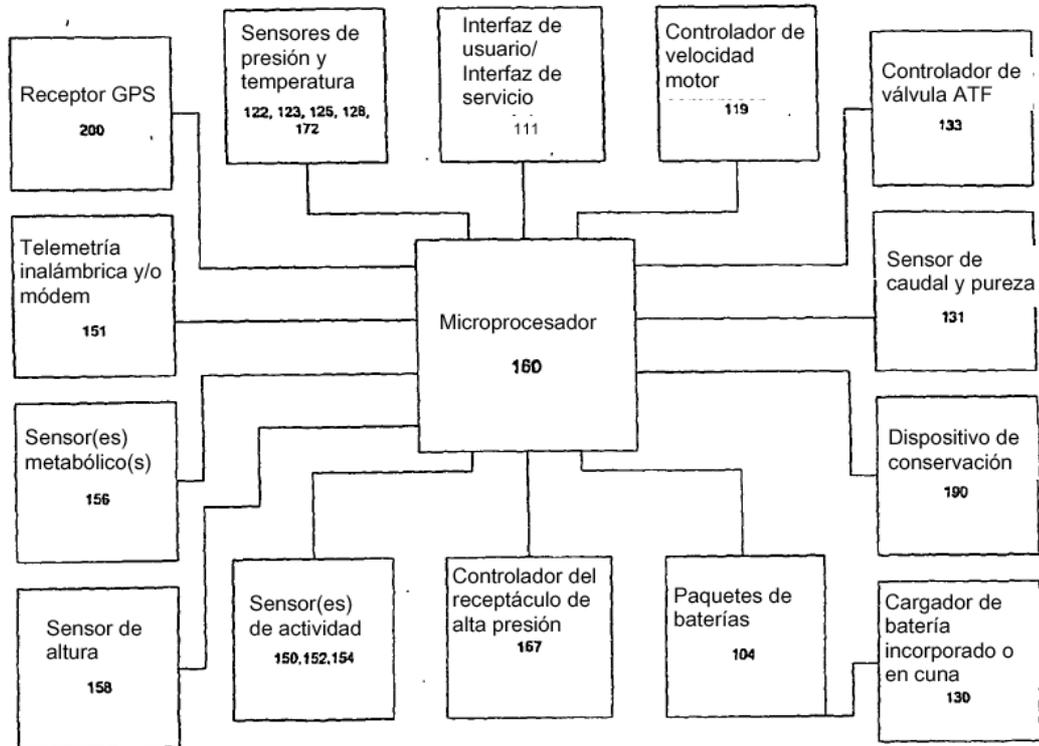


Figura 14

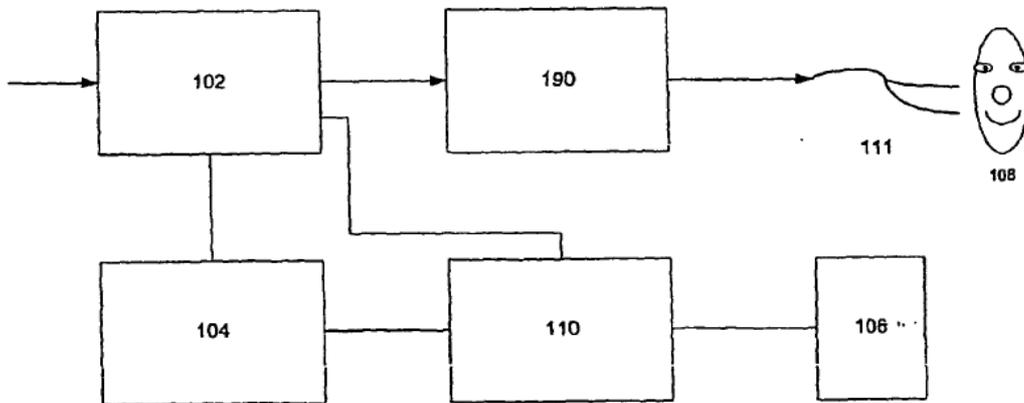


Figura 15

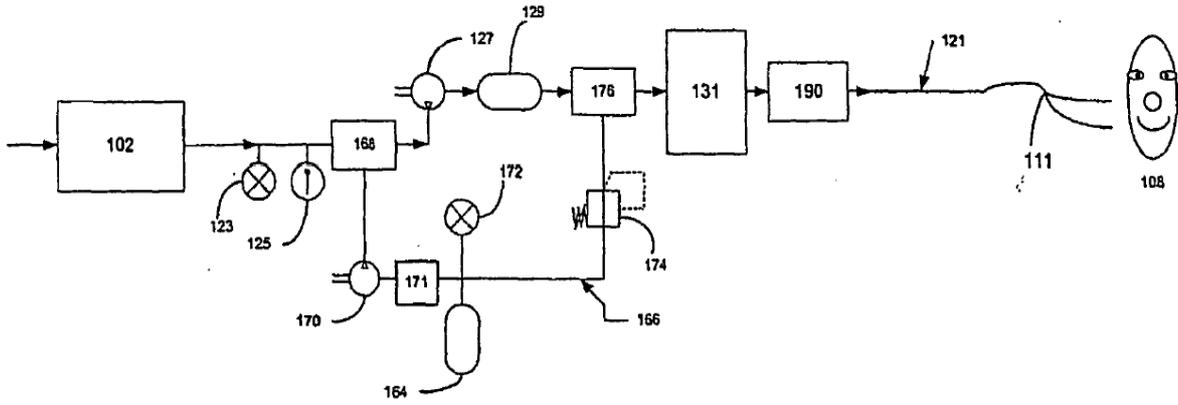


Figura 16