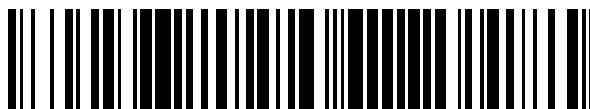


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 627**

51 Int. Cl.:

A61M 16/20 (2006.01)

A61M 16/08 (2006.01)

A61M 16/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.08.2011** **PCT/GB2011/001203**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.02.2012** **WO12020228**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2011** **E 11761680 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017** **EP 2603270**

54 Título: **Dispositivo para supervisar la concentración de gas**

30 Prioridad:

13.08.2010 GB 201013623

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

25.07.2017

73 Titular/es:

LINDE AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Klosterhofstrasse 1
80331 München, DE

72 Inventor/es:

WEISZL, GUNTHER;
TATAREK, ANDREW RICHARD THOMAS y
ROMAKO CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 626 627 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

Dispositivo para supervisar la concentración de gas.

Campo de la invención

La invención se refiere a dispositivos para supervisar la concentración de gas, más particularmente pero no exclusivamente para detectar las concentraciones de gas en el caso de gases para los que se consideran críticas determinadas concentraciones.

Antecedentes de la invención

La concentración de un gas dado puede ser importante en muchos campos diferentes. Uno de dichos campos es el uso de gases medicinales, donde la concentración correcta puede ser crítica desde el punto de vista de la eficacia y/o seguridad de administración del gas a un paciente. Por ejemplo, el óxido nitroso se usa mezclado con oxígeno, normalmente como una mezcla 50/50, para aplicaciones anestésicas cortas. Es extremadamente bueno, proporcionando alivio al dolor casi de inmediato y se expulsa fuera del cuerpo muy rápidamente. En algunos países se permite el uso de un gas premezclado, lo que permite que se utilice una mezcla de proporciones conocidas de forma precisa. En otros países, en particular en Estados Unidos, no se permite el uso de gas premezclado. En esas circunstancias, el oxígeno y el óxido nitroso pueden suministrarse por separado y mezclarse bajo demanda en un dispositivo mezclador. Es importante, sin embargo, que se mezclen las proporciones correctas de los gases, estando la desviación de la proporción de oxígeno del nivel objetivo del 50%, de acuerdo con las normas, limitada al +/- 5%. Además, en el caso de que la proporción de oxígeno caiga por debajo del 20% (conocido como mezcla hipóxica), el uso de la mezcla deficiente en oxígeno puede dar lugar a hipoxia, planteando un riesgo grave para la salud del paciente.

Un dispositivo que se utiliza ampliamente para ajustar el suministro de un gas para inhalación es una válvula de demanda, en la que la válvula se abre y se cierra en respuesta a la inhalación del paciente. Se conocen varias formas de mezclar gases y suministrar a un paciente bajo demanda. Un problema que se encuentra en dichas disposiciones es que, en el caso de que un fallo de un dispositivo mezclador de gases dé lugar a que la mezcla esté fuera del intervalo establecido por las normas o, en un caso particularmente grave, que sea una mezcla hipóxica, no es posible detectar los flujos incorrectos resultantes de N_2O y/o O_2 .

Los indicadores de flujo en línea son ampliamente utilizados para supervisar el flujo de gases. El flujo pasa por un caudalímetro que proporciona una indicación visual del flujo del gas. Dichos sistemas dependen de la vigilancia del personal para que se tomen las medidas apropiadas en caso de que el indicador muestre un mal funcionamiento. Los caudalímetros son sensibles a flujos bajos del tipo que son relevantes en el campo médico y pueden indicar fugas. Sin embargo, especialmente cuando se utilizan con una válvula, son relativamente costosos, y el movimiento dinámico, por ejemplo, del paciente que recibe el gas, puede dificultar la detección de flujo durante el uso. Los caudalímetros pueden, además, ser sensibles a la orientación, poniendo en duda la fiabilidad de las lecturas, por ejemplo, si un dispositivo es portátil y se encuentra sobre una superficie irregular. Los "indicadores emergentes" (indicadores que indican cuándo el flujo está por encima de un umbral dado) solo detectarán los fallos de forma fiable cuando los indicadores no aparezcan durante la inhalación del paciente. Además, no es fácil utilizar caudalímetros para generar una alarma sonora o para solicitar un ajuste correctivo automático del suministro de gas, uno cualquiera de los cuales o ambos serían ventajosos.

Se conoce el controlar la concentración de gases utilizando dispositivos electroquímicos o paramagnéticos. Los dispositivos de control conocidos son complejos y costosos, requiriendo en al menos algunos casos una fuente de alimentación, algoritmos de software apropiados e interfaces con otros componentes, al tiempo que adicionalmente sufren de las desventajas de la necesidad de calibración para obtener lecturas confiables y la duración de la batería. La complejidad de los dispositivos de control conocidos aumenta el costo y puede hacer más complicada la implementación y la obtención de la aprobación regulatoria.

Hay necesidad de un dispositivo que permita que la relación de dos o más gases en una mezcla se supervise de forma simple y fiable con el fin de que cualquier desviación de una relación deseada pueda ser reconocida. Además, sería deseable que el dispositivo fuera compacto con el fin de que pueda alojarse dentro de un contenedor pequeño y sea fácil de transportar. Sería deseable que un dispositivo de este tipo proporcionara una señal que se utilizase para cualquiera o ambas de entre generar una alarma sonora y solicitar ajuste (que puede incluir la desconexión) del suministro de gas.

Resumen de la invención

La invención proporciona un aparato de supervisión para supervisar los caudales relativos de los gases primero y segundo que han de ser mezclados, que comprende:

una primera trayectoria de flujo de gas para el primer gas;

un primer dispositivo de supervisión de flujo para detectar un parámetro relativo al flujo del primer gas a lo largo de la primera trayectoria de flujo de gas;

una segunda trayectoria de flujo de gas para el segundo gas;

5 un segundo dispositivo de supervisión de flujo para detectar un parámetro relativo al flujo del segundo gas a lo largo de dicha segunda trayectoria de flujo de gas; y

un dispositivo comparador para comparar dicho parámetro con respecto al flujo del primer gas y dicho parámetro con respecto al flujo del segundo gas; y que puede funcionar para generar una respuesta en función de dicha comparación. Un dispositivo de supervisión para gases médicos que describe esta funcionalidad se conoce a partir de US 4328823.

10 La respuesta generada puede, por ejemplo, incluir una o más respuestas seleccionadas entre la finalización del flujo del segundo gas, el ajuste del flujo del segundo gas y la generación de una señal indicadora, por ejemplo, una alarma sonora. En una forma de realización preferida, el dispositivo comparador puede funcionar para reducir o finalizar el flujo del segundo gas, preferiblemente para finalizar el flujo del segundo gas. En otra forma de realización preferida, el dispositivo comparador puede funcionar tanto para reducir o finalizar el flujo del segundo gas como para
15 generar una señal indicadora.

En determinadas formas de realización, el dispositivo comparador comprende un elemento válvula que es accionado por una fuerza derivada de dicho primer dispositivo de supervisión de flujo y por una fuerza derivada de dicho segundo dispositivo de supervisión de flujo. Por ejemplo, el elemento válvula puede comprender un elemento pistón, por ejemplo, en forma de un pasador desplazable axialmente. En una forma de realización preferida, el elemento
20 válvula es una válvula de carrete. Ventajosamente, la fuerza derivada de dicho primer dispositivo de supervisión de flujo actúa sobre el elemento válvula en una primera dirección y la fuerza derivada de dicho segundo dispositivo de supervisión de flujo actúa sobre el elemento válvula en una segunda dirección opuesta a dicha primera dirección. Se sabe que las válvulas de carrete se utilizan en este campo técnico, el cual, por ejemplo, puede verse en US 3727627.

25 Preferiblemente, el primer dispositivo de supervisión de flujo es un primer elemento de flujo laminar posicionado en dicha primera trayectoria de flujo de gas y que tiene un lado aguas arriba y un lado aguas abajo con relación a dicha primera trayectoria de flujo de gas, siendo el parámetro relativo al flujo del primer gas una componente de presión. Preferiblemente, el segundo dispositivo de supervisión de flujo es un segundo elemento de flujo laminar posicionado en dicha segunda trayectoria de flujo de gas y que tiene un lado aguas arriba y un lado aguas abajo con relación a
30 dicha segunda trayectoria de flujo de gas, siendo el parámetro relativo al flujo del segundo gas una componente de presión. Ventajosamente, el parámetro relativo al flujo de cada uno de los gases primero y segundo es un diferencial de presión. En un aparato preferido de la invención, esas componentes de presión, especialmente los diferenciales de presión, se utilizan para generar fuerzas que actúan sobre un elemento válvula móvil.

Se prefiere especialmente que ambos, los dispositivos de control de flujo primero y segundo, sean elementos de
35 flujo laminar. En una forma de realización, cada elemento de flujo laminar comprende un elemento tamiz plano, por ejemplo, una lámina de material tamiz, en la que hay una multitud de canales que se extienden a través de la lámina de material tamiz. El elemento de flujo laminar puede comprender como un elemento tamiz plano una sola lámina de material tamiz, pero se ha encontrado ventajoso que el elemento tamiz plano comprenda dos o más, preferiblemente una multitud de láminas superpuestas de material tamiz. La resistencia proporcionada por el elemento tamiz plano y,
40 en consecuencia, el diferencial de presión a través del elemento de flujo laminar, se puede variar variando el área del elemento de flujo laminar y/o, cuando el elemento de flujo laminar comprende láminas de material tamiz, variando el número y/o espesor de las láminas de material tamiz. Normalmente, la resistencia de los elementos de flujo laminar sería del orden del 10% de la presión de suministro de gas en el flujo máximo previsto a través de los elementos de flujo laminar, es decir, suficientemente alta para crear una caída de presión útil pero no tan alta que afecte negativamente al rendimiento del dispositivo de mezcla de gases. En la práctica, la resistencia de la
45 restricción al flujo laminar del gas crítico preferiblemente estaría dispuesta para ser más alta que la resistencia de la restricción al flujo laminar del gas no crítico. La relación de las dos resistencias controla la relación de flujo a la que se activa el dispositivo.

Los elementos de flujo laminar son conocidos para la medición de flujo de gas como, por ejemplo, se puede ver en el
50 documento de la técnica anterior US 5576498. En contraste con algunos otros métodos conocidos de determinación del caudal, en los que existe una relación cuadrática entre el caudal y la presión, un elemento de flujo laminar es capaz de producir un diferencial de presión bajo que es linealmente proporcional al caudal. En la práctica, el elemento de flujo laminar funciona haciendo que el gas fluya a través de una multitud de pasos, cuyas dimensiones y configuración son tales que el flujo turbulento que normalmente resulta se cambiará en un flujo laminar. La relación
55 entre la presión diferencial y el flujo volumétrico medido es lineal, lo que permite realizar mediciones en un amplio intervalo de flujo. En particular, a caudales bajos, la sensibilidad de medición puede ser mucho mayor cuando la presión es linealmente proporcional al caudal. Esto tiene la consecuencia importante de que el aparato de la invención puede tener una mayor sensibilidad a caudales bajos, por ejemplo, en la aplicación del aparato de la invención en el área pediátrica, donde los caudales son mucho más bajos que los caudales normales de inhalación.

de adultos y el reconocimiento preciso de las proporciones incorrectas de los gases es vital. Una ventaja particular del aparato de la invención es que puede usarse sobre un amplio intervalo de caudales que abarcan tanto los caudales bajos encontrados en el uso pediátrico como los caudales más altos que podrían encontrarse en el uso con grandes adultos.

- 5 Ventajosamente, el dispositivo comparador comprende un elemento válvula, un primer elemento de accionamiento plano conectado a dicho elemento válvula y un segundo elemento de accionamiento plano conectado a dicho elemento válvula, siendo accionado el primer elemento de accionamiento plano por una fuerza derivada del primer elemento de flujo laminar y siendo accionado el segundo elemento de accionamiento plano por una fuerza derivada del segundo elemento de flujo laminar. De manera ventajosa, dicho primer elemento de accionamiento plano es accionado en una primera dirección por una fuerza derivada de la presión en el lado de aguas arriba del primer elemento de flujo laminar y es accionado en una segunda dirección opuesta por una fuerza derivada de la presión en el lado de aguas abajo del primer elemento de flujo laminar y dicho segundo elemento de accionamiento plano es accionado en la primera dirección por una fuerza derivada de la presión en el lado de aguas abajo del segundo elemento de flujo laminar y es accionado en la segunda dirección opuesta por una fuerza derivada de la presión en el lado de aguas arriba del segundo elemento de flujo laminar. De este modo, los diferenciales de presión a través del primer elemento de flujo laminar y a través del segundo elemento de flujo laminar, que se correlacionan respectivamente con el primer flujo de gas y el segundo flujo de gas, se comparan entre sí y una fuerza neta resultante actúa sobre el elemento válvula. El dispositivo comparador está dispuesto de modo que, si la fuerza neta resultante excede un valor umbral, se generará una respuesta.
- 20 Ventajosamente, el dispositivo comparador incluye un dispositivo de empuje, proporcionando el dispositivo de empuje una fuerza de empuje que debe ser superada con el fin de que se genere la respuesta. Por ejemplo, el dispositivo de empuje puede comprender un resorte, preferiblemente un resorte de compresión. Cuando el dispositivo comparador comprende un dispositivo de empuje, la fuerza neta que actúa sobre el elemento válvula necesita ser suficiente para superar la fuerza de empuje del dispositivo de empuje, así como la fuerza que surge del primer flujo de gas y cualquier resistencia de fricción al movimiento del elemento válvula, para que se genere una respuesta por el dispositivo comparador. Se prefiere que los efectos de fricción en el interior del dispositivo se mantengan bajos, por ejemplo, por uno o más de entre hacer el diámetro del elemento válvula pequeño, hacer pequeña de otra manera la superficie de contacto del elemento válvula con otras partes del dispositivo y aplicar revestimientos de fricción baja al elemento válvula y/o a cualesquiera superficies en contacto con la misma.
- 25 Adicionalmente, la fabricación del elemento válvula a partir de un material ligero, por ejemplo, de aluminio o un material plástico ligero, ayuda a reducir la resistencia al movimiento.
- 30

Preferiblemente, el dispositivo comparador comprende un elemento válvula, por ejemplo, una válvula de carrete, que puede funcionar para permitir o negar el paso del primer gas a través del dispositivo comparador dependiendo de los caudales relativos de los gases primero y segundo.

- 35 En una forma de realización particularmente preferida de la invención, el aparato incluye una disposición para impedir una activación prematura no deseada del dispositivo cuando se inicie el suministro de gas y/o una activación innecesaria del dispositivo cuando se desconecte el suministro de gas al final del tratamiento. Por tanto, preferiblemente el aparato comprende un dispositivo para impedir la generación de dicha respuesta durante la puesta en marcha y/o la desconexión del flujo del segundo gas. Ventajosamente, el dispositivo para impedir la generación de dicha respuesta durante la puesta en marcha y/o la desconexión del flujo del segundo gas comprende un dispositivo para retardar el impacto sobre el dispositivo comparador de un cambio en dicho parámetro relativo al flujo del segundo gas a lo largo de dicha segunda trayectoria de flujo de gas. Preferentemente, el dispositivo para impedir la generación de dicha respuesta comprende al menos una restricción en una trayectoria de gas que comunica entre el segundo dispositivo de supervisión de flujo y el dispositivo comparador. Preferiblemente, existe una primera restricción en una primera trayectoria de gas que comunica entre un primer lado aguas arriba del segundo dispositivo de supervisión de flujo, preferiblemente un elemento de flujo laminar, y el dispositivo comparador y una segunda restricción en una segunda trayectoria de gas que comunica entre un segundo, lado aguas abajo del segundo dispositivo de supervisión de flujo, preferiblemente un elemento de flujo laminar, y el dispositivo comparador. Ventajosamente, el diámetro de dicha primera restricción es menor que el diámetro de dicha segunda restricción. Esa disposición es particularmente ventajosa en el caso preferido de que los dispositivos de supervisión de flujo sean elementos de flujo laminar. En ese caso, cuando el segundo gas está encendido (suponiendo que el primer gas ya fluya en la primera trayectoria de flujo de gas), existe un gran diferencial de presión a medida que se llena la trayectoria del flujo, disminuyendo rápidamente el diferencial de presión inicialmente grande a medida que el gas llena las regiones aguas abajo de la trayectoria de flujo y la diferencia en los tamaños de las restricciones, retardando ligeramente el impacto del cambio de las presiones y especialmente de la presión aguas arriba sobre el dispositivo comparador, lo que permite evitar la activación prematura del dispositivo. Preferentemente, el dispositivo para impedir la generación de dicha respuesta durante la puesta en marcha y/o desconexión del flujo del segundo gas comprende además una válvula de retención para permitir la liberación de una presión que de otro modo actuaría para generar una respuesta en la desconexión.
- 50
- 55
- 60 Los caudales máximos combinados de los gases primero y segundo se controlan preferiblemente mediante la demanda de inhalación de un paciente y pueden ser, por ejemplo, de 3 a 200 litros/min, preferiblemente, de 5 a 150

litros/min. Caudales máximos más bajos de esos intervalos pueden aplicarse a los niños, por ejemplo, de 3 a 50 litros/min, mientras que un paciente adulto puede inhalar a un caudal máximo de, por ejemplo, 30 a 150 litros/min.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una vista esquemática de un sistema de suministro de gas que incluye un aparato de acuerdo con la invención, con gases primero y segundo que fluyen dentro de condiciones predeterminadas;

- 5 La FIG. 2 es una vista esquemática del sistema de la FIG. 1 en el que se ha producido un fallo de manera que el caudal del segundo gas con respecto al primero excede un valor deseable;

La FIG. 3 es una sección axial a través de una forma de realización del aparato de acuerdo con la invención adecuada para utilizar con suministros de oxígeno y óxido nitroso que deben mezclarse;

- 10 La FIG. 4a es un detalle de una válvula del aparato de la FIG. 3 que muestra la válvula en la posición normal de funcionamiento en la que ambos gases fluyen a través del aparato con caudales dentro del intervalo objetivo;

La FIG. 4b es un detalle de una válvula del aparato de la FIG. 3, con la válvula en la posición en la que la válvula es activada por una proporción excesiva de óxido nitroso;

La FIG. 5 es una gráfica que muestra la relación entre la presión diferencial y el caudal;

- 15 La FIG. 6 es una gráfica que ilustra las condiciones de funcionamiento y de activación de un aparato de acuerdo con la invención;

La FIG. 7 es una gráfica que ilustra el porcentaje de oxígeno al que el dispositivo se activará con diferentes caudales totales, para una relación dada de resistencias de los elementos de flujo laminar, fricción y fuerza del resorte.

Descripción detallada de las formas de realización preferidas

- 20 Con referencia a la FIG. 1, un sistema de gas para el suministro de una mezcla de gases comprende una primera línea de gas 1 para transportar un primer gas desde una primera fuente de gas (no mostrada) y una segunda línea de gas 2 para transportar un segundo gas desde una segunda fuente de gas (no mostrada). Las líneas 1 y 2 comunican ambas con una unidad mezcladora 3 en la que los flujos de los dos gases se combinan y suministran a una tubería 4 que lleva una mezcla de los dos gases a un punto de suministro (no incluido en la FIG. 1). Un flujo adecuado del primer gas debe mantenerse en todo momento, en términos de flujo con respecto al flujo del segundo gas, para que la mezcla de gas en la tubería 4 tenga las características requeridas.

- 25 A modo de ilustración, el sistema de gas de la FIG. 1 puede estar dispuesto para suministrar una mezcla de óxido nitroso y oxígeno para uso anestésico por inhalación. En ese ejemplo ilustrativo, el primer gas sería el oxígeno, siendo el gas cuya presencia es crítica, mientras que el segundo gas sería el óxido nitroso. En el caso de uso de óxido nitroso para la anestesia, es importante que la proporción de oxígeno en la mezcla inhalada (a menudo referida como FiO_2) se mantenga dentro de límites seguros. El objetivo FiO_2 es generalmente del 50% en aplicaciones anestésicas, un nivel normalmente utilizado en la práctica médica. La proporción de O_2 en la línea de gas 4 debería deseablemente mantenerse dentro del $\pm 5\%$ del objetivo FiO_2 , un nivel que es especificado por las normas pertinentes de la industria. Adicionalmente, la proporción de oxígeno debe estar siempre por encima del límite crítico del 20% por debajo del cual la salud del paciente puede estar expuesta a un riesgo grave.

- 35 Se proporciona un dispositivo comparador de flujo 5 para supervisar los caudales relativos del primer gas en la línea 1 y del segundo gas en la línea 2. El comparador de flujo está en comunicación con un primer elemento de flujo laminar 6 en la línea 1 y un segundo elemento de flujo laminar 7 en la línea 2, por ejemplo, según se describe más adelante con más detalle con referencia a la forma de realización mostrada en la FIG. 3. Una línea lateral 8 comunica en un extremo con la línea 1 aguas arriba del elemento de flujo laminar 6 y en su otro extremo con una cámara 9 que aloja un elemento diafragma 10. El elemento diafragma 10 está situado de forma móvil dentro de la cámara 9. La línea 8 entra en la cámara 9 por la pared superior de la misma, de manera que la presión en la línea 1 actúa, a través de la línea 8, sobre la superficie superior del elemento diafragma 10. Una línea lateral 11 adicional se comunica en un extremo con la línea 1 en un punto próximo y aguas abajo del elemento de flujo laminar 6 y en su otro extremo con la cámara 9. La línea 11 entra en la cámara 9 por la pared inferior de la misma. Como resultado del flujo que pasa a través del elemento de flujo laminar 6, existe un diferencial de presión entre la línea 8 aguas arriba y la línea 11 aguas abajo. El diferencial de presión es proporcional al caudal, por tanto, el efecto neto sobre el diafragma es una presión proporcional al caudal de gas en la línea 1, que por lo tanto genera una fuerza proporcional al flujo. Se apreciará que las referencias en la presente memoria a las superficies superior e inferior de un elemento diafragma se refieren a las superficies que se muestran como "superiores" e "inferiores" entre sí en los dibujos y no es necesario que la superficie superior está por encima de la superficie inferior en la práctica.

- 50 Una línea adicional 12 comunica entre la línea 11 y una disposición de válvula que se describe adicionalmente más adelante.

Una segunda cámara 13, que contiene un segundo elemento diafragma 14 está en comunicación de manera generalmente análoga con la línea 2. Una línea 15 comunica entre la pared inferior de la cámara 13 y la línea 2 en una posición en la línea 2 aguas arriba del elemento de flujo laminar 7. Una línea 16 comunica entre la pared superior de la cámara 13 y la línea 2 en una posición en la línea 2 cerca y aguas abajo del elemento de flujo laminar 7. De esa manera, la presión, comunicada a través de la línea 15 desde la región de flujo laminar aguas abajo del elemento de flujo laminar, actúa sobre la superficie superior del elemento diafragma 14 y la presión aguas arriba del elemento de flujo laminar 7 se aplica a la superficie inferior del elemento diafragma 14. El número de referencia 15a representa un restrictor y el número de referencia 15b representa una válvula de retención. El número de referencia 16a representa un restrictor. Los restrictores 15a y 16a y la válvula de retención 15b trabajan conjuntamente para evitar la activación del dispositivo en la puesta en marcha o desconexión como se describirá con más detalle más adelante con referencia a la FIG. 3.

El elemento diafragma 14 y el elemento diafragma 10 están presionando en los extremos opuestos de un elemento pistón 17. El elemento pistón 17 se mueve axialmente en función de los valores relativos de la fuerza neta debida a la presión neta aplicada al elemento diafragma 10 que surge del flujo en la línea 1 y la fuerza neta debida a la presión neta aplicada al elemento diafragma 14 que surge del flujo en la línea 2. El punto en el que el elemento de pistón 17 empieza a moverse puede verse afectado por la fuerza requerida para desplazar el pistón contra las juntas del pistón y opcionalmente por cargas de fuerza adicionales definidas por, por ejemplo, uno o más resortes (las juntas del pistón y los dispositivos de carga opcionales no se muestran en las FIG. 1 y 2 pero se describen con detalle más adelante con referencia a la forma de realización de la FIG. 3). El pistón forma parte de un conjunto válvula 18. El conjunto válvula 18 controla una trayectoria de gas entre la línea 12 y un extremo de una línea 19. El otro extremo de la línea 19 comunica con una válvula de corte 20 pilotada por la presión proporcionada en la línea 2. Durante el funcionamiento normal, el pistón mantiene el conjunto válvula cerrado de modo que no haya flujo entre la línea 12 y la línea 19. En el caso de que la relación del flujo en la línea 2 con el flujo en la línea 1 exceda un valor deseado, la fuerza aplicada al diafragma 14 en virtud del exceso de presión del segundo gas provoca que el conjunto pistón/diafragma se desplace axialmente según se muestra en la FIG. 2 de forma que se abra la válvula 18. Eso permite que el primer gas pase a través de las líneas 12 y 19 para accionar la válvula de corte 20, que cierra permanentemente la línea de gas 1, por ejemplo, mediante el desvío de la trayectoria de gas del segundo gas.

Si se desea, el elemento pistón 17 puede estar conectado a un elemento que indique posición, por ejemplo, un elemento coloreado, que puede funcionar para indicar la posición del elemento pistón o se puede utilizar para activar una alarma sonora.

El conjunto de válvula 18 incluye una purga 18a que sirve para evitar falsas alarmas en caso de que una fuga fluya sobre el mecanismo válvula alcanzando la válvula de cierre 20. El flujo de purga debe ser pequeño en comparación con los flujos que se encuentran cuando la válvula está activada para no afectar la activación de cualquier dispositivo aguas abajo, pero lo suficientemente grande como para permitir que cualesquiera fugas, por ejemplo, entre los sellos y el pasador, sean venteadas sin crear una presión que pueda provocar una falsa respuesta.

La FIG. 3 muestra una forma de realización ilustrativa del aparato de acuerdo con la invención. La forma de realización de la FIG. 3 se describirá más adelante con referencia al oxígeno (como primer gas) y al óxido nitroso (como segundo gas) para ser mezclados para su uso como gas anestésico. Se apreciará, sin embargo, que se pueden utilizar otros gases en el dispositivo mostrado.

En la forma de realización de la FIG. 3, el dispositivo comparador de flujo 5, el primer elemento de flujo laminar 6 y el segundo elemento de flujo laminar 7 están incorporados en una unidad 21. La unidad 21 puede ser de configuración generalmente cilíndrica, siendo la vista en la FIG. 3 una sección axial. La unidad 21 está formada por una parte de flujo de oxígeno 22, una parte de flujo de óxido nitroso 23 y una parte central intercalada entre ellas.

La parte de flujo de oxígeno 22 incluye como elemento de flujo laminar 6 una lámina tamiz delgada 24 situada centralmente dentro de y extendiéndose a través de una cámara 25. La cámara 25 comunica, en lados opuestos de la lámina tamiz 24, a través del canal 26 y la entrada 27 con la línea 1 de suministro de oxígeno, y a través del canal 28 y la salida 29 con la línea 1' de salida de oxígeno. La parte de flujo de oxígeno 22 incluye un elemento exterior 30 y un elemento interior 31 que están sujetos juntos mediante medios adecuados tales como pernos roscados atornillados (no mostrados). Las caras opuestas de los elementos 30 y 31 están provistas de respectivas regiones rebajadas que en el dispositivo ensamblado se asocian para formar la cámara 25. El canal 28 se extiende desde el lado de salida de oxígeno de la cámara 25, es decir, por encima del tamiz 24, en esencia, radialmente hacia fuera a través del elemento 30, hacia la salida 29. Se forma un sello hermético entre la salida 29 y la pared exterior del elemento 30 mediante la junta tórica 32, y se forma una parte saliente en la salida 29 con nervios para proporcionar un ajuste por fricción y un sello hermético con la línea 1'. El canal 26 se extiende desde el lado de entrada de oxígeno de la cámara 25, por debajo del tamiz 24, en esencia, radialmente hacia fuera a través del elemento 31 y hacia la entrada 27. Se forma un sello hermético entre la entrada 27 y la pared exterior del elemento 31 mediante la junta tórica 33 y se forma una parte saliente de la entrada 27 con nervios para proporcionar un ajuste por fricción y un sello hermético con la línea 1. Para facilitar la ilustración y descripción, la entrada 27 y la salida 29 y los correspondientes canales 26 y 28 se muestran en la FIG. 3 en el mismo plano. En la práctica, sin embargo, la entrada 27 puede desplazarse circunferencialmente con respecto a la salida 29 y el canal 26 se desplazará entonces angularmente con respecto al canal 28.

La lámina tamiz 24 es retenida en posición entre las caras opuestas de los elementos 30, 31, ayudándose por medio de la junta tórica 34 para la formación de un sello hermético alrededor de la lámina 24. También se proporciona dentro del elemento 30 un orificio 35 que se extiende radialmente desde el lado de salida de oxígeno de la cámara 25 y dispuesto para comunicarse con un orificio 36 provisto perpendicular, y que se extiende en la dirección axial a través del elemento 31. Según se muestra en la FIG. 3, el extremo exterior del orificio 35, al igual que otras perforaciones similares en el aparato, está bloqueado, por ejemplo, con un cojinete de bolas o similar. Un orificio 37 adicional se extiende desde el lado de entrada de oxígeno de la cámara 25.

La parte de flujo de óxido nitroso 23 incluye como elemento de flujo laminar 7 una lámina tamiz delgada 124 situada centralmente dentro y extendiéndose a través de una cámara 125. La cámara 125 comunica, en lados opuestos de la lámina tamiz 124, a través del canal 126 y la entrada 127 con la línea de suministro de óxido nitroso 2, y a través del canal 128 y la salida 129 con la línea de salida de óxido nitroso 2'. La parte de flujo de óxido nitroso 23 incluye el elemento exterior 130 y el elemento interior 131 que están sujetos juntos mediante medios adecuados tales como tornillos roscados atornillados (no mostrados). Las caras opuestas de los elementos 130 y 131 están provistas de respectivas regiones rebajadas que en el dispositivo ensamblado se asocian para formar la cámara 125. El canal 128 se extiende desde el lado de salida del óxido nitroso de la cámara 125, por encima del tamiz 124 con la orientación mostrada en la FIG. 3, en esencia, radialmente hacia fuera a través del elemento 130 hacia la salida 129. Se forma un sello hermético entre la salida 129 y la pared exterior del elemento 130 mediante la junta tórica 132 y se forma una parte saliente de la salida 129 con nervios para proporcionar un ajuste por fricción y sello hermético con la línea 2'. El canal 126 se extiende desde el lado de entrada de óxido nitroso de la cámara 125, por encima del tamiz 124, en esencia, radialmente hacia fuera a través del elemento 131 y hacia la entrada 127. Se forma un sello hermético entre la entrada 127 y la pared exterior del elemento 131 mediante una junta tórica 133 y se forma una parte saliente de la entrada 127 con nervios para proporcionar un ajuste por fricción y sello hermético con la línea 2. Para facilitar la ilustración y descripción, la entrada 127 y la salida 129 y los correspondientes canales 126 y 128 se muestran en la FIG. 3 en el mismo plano. En la práctica, sin embargo, la entrada 127 puede desplazarse circunferencialmente con relación a la salida 129 y el canal 126 se desplazará entonces angularmente con respecto al canal 128.

La lámina tamiz 124 es retenida en posición entre las caras opuestas de los elementos 131, 132, ayudándose por medio de la junta tórica 134 para la formación de un sello hermético alrededor de la lámina 124. También se proporciona dentro del elemento 30 un orificio 135 que está dispuesto para comunicarse con un orificio 136 provisto y que se extiende en la dirección axial a través del elemento 131. El orificio 136 tiene una restricción 137 en su extremo alejado del elemento 130. El elemento 131 también incluye un inserto 138, recibido en un rebaje en la cara del elemento 131 que es opuesta al elemento 130. El inserto 138 proporciona una conexión de gas antirretorno entre un rebaje 139 provisto de aberturas de transferencia de gas y un conducto 140 proporcionado en el elemento 131. Un elemento plano flexible 141 está unido al inserto mediante el dispositivo de fijación 142. El elemento flexible 141 es deformable en respuesta a un exceso de presión en el rebaje 139, para permitir la liberación de gas a través del conducto 140, desde donde es liberado a través del orificio 142 hasta el lado de entrada de la cámara 125. Bajo condiciones normales de funcionamiento, el elemento flexible 141 mantiene la conexión antirretorno cerrada. La fuerza que actúa sobre el diafragma 155 debida a la presión de la abertura de la válvula de retención debe ser pequeña con respecto a la fuerza de fricción y cualquier carga de resorte para evitar un accionamiento no deseado. La presión de apertura de la conexión antirretorno de gas debe ser tal que, durante la desconexión del óxido nitroso con la consecuente disminución de la presión en el orificio 140, la fuerza que actúa sobre el diafragma 155 pueda (a través de la apertura de la válvula de retención si la presión de apertura es excedida en la parte inferior de la cámara 154) mantenerse pequeña en relación con la fuerza de fricción y cualquier carga de resorte actuando en oposición a la misma.

Se proporciona una vía de comunicación adicional entre el lado de entrada de óxido nitroso de la cámara 125 y el lado alejado del inserto 138 a través del orificio 142, extendiéndose una parte del conducto 140 y un orificio 143 en la dirección axial a través de inserto 138. El orificio 143 está provisto con una restricción 144. la restricción 144 es más estrecha que la restricción 137 por razones que se explicarán más adelante.

Entre los elementos 31 y 131 se encuentra una parte central 145, que incorpora un dispositivo comparador para comparar el caudal de óxido nitroso con el caudal de oxígeno. El dispositivo comparador tiene un conjunto válvula de carrete 146, que se muestra con mayor detalle en las FIG. 4a y 4b que se refieren a la parte B indicada en la FIG. 3. El conjunto válvula incluye un pasador 147 que es axialmente desplazable entre las posiciones mostradas en las FIG. 4a y 4b de una manera dependiente de los caudales relativos de oxígeno y óxido nitroso como se explicará más adelante. El pasador se sitúa entre dos retenedores de sellado 148, 149 separados y los retenes 150 y 151 asociados, y está provisto de un revestimiento de baja fricción para facilitar el deslizamiento del pasador en relación con esos componentes. El pasador 147 tiene, de manera ventajosa, un diámetro pequeño para reducir la fricción. La forma de realización de la FIG. 3 se basa esencialmente sólo en dos retenes 150 y 151 para guiar el pasador 147, lo que da lugar a sólo una pequeña resistencia de fricción al desplazamiento. El pasador tiene una cintura 152, que en la posición de funcionamiento normal está separada axialmente del retén 150 cercano. Un orificio 153 se extiende radialmente desde el conjunto válvula. Cuando se detecta una desviación de las condiciones normales de funcionamiento, el pasador se desplaza axialmente de tal manera que la cintura 152 coincida con el retén 150 y proporcione una vía para el gas desde una cámara (no mostrada en las FIG. 4a y 4b, pero situada por encima del retenedor de sellado 148) hacia el orificio 153. Aunque no se ilustra en las FIG 3, 4a y 4b, el gas que sale a través

del orificio 153 se puede utilizar para la activación de un dispositivo de conmutación para reducir o detener el flujo de óxido nítrico y/o para la activación de una alarma.

El extremo inferior del pasador 147 se encuentra en una cámara 154 formada entre, y definida por los rebajes asociados en el elemento 131 y el elemento central 145. Esa cámara encierra un diafragma 155, que es de un material de lámina muy flexible que es, en esencia, no poroso al oxígeno y al óxido nítrico, por ejemplo, una lámina delgada de poliuretano o caucho de silicona. El diafragma 155 está retenido entre las partes que se extienden circunferencialmente de las caras opuestas del elemento 131 y el elemento central 145 y un sello hermético entre esos elementos y el diafragma es asegurado mediante una junta tórica 156. El diafragma 155, en uso, contacta con el extremo inferior del pasador 147.

El extremo superior del pasador 147 se encuentra en una cámara 54 formada entre, y definida por los rebajes asociados en, el elemento 31 y el elemento central 145. Esa cámara encierra un diafragma 55, que es de un material de lámina muy flexible que es, en esencia, no poroso al oxígeno y al óxido nítrico. El diafragma 55 está retenido entre las partes que se extienden circunferencialmente de las caras opuestas del elemento 31 y el elemento central 45 y un sello hermético entre esos elementos está asegurado mediante una junta tórica 56. El diafragma 55, en uso, contacta con el extremo superior del pasador 147. Además, un resorte de compresión 57, apoyado en su extremo superior en una superficie de soporte 58, aplica una pequeña fuerza de empuje a una parte central del diafragma 55 y de allí al extremo superior del pasador 147. El resorte puede, por ejemplo, aplicar una carga de 10 a 50 g, preferiblemente 20 a 40 g, por ejemplo, aproximadamente 30 g. El desplazamiento hacia arriba del pasador 147 requiere la superación de la fuerza de empuje del resorte 57 y cualquier fricción debida a los retenes 150 y 151, así como cualquier sollicitación del pasador que surja de la respuesta del diafragma 55 al caudal de oxígeno detectado. Los efectos acumulativos del resorte y la fricción pueden ser, por ejemplo, equivalentes a una carga de 15 g a 70 g, en especial 15g a 50g, por ejemplo 35 g.

Un orificio 59 completa una vía de gas desde el lado de salida de oxígeno de la cámara 25 a través de orificios 35 y 36 hacia la parte inferior de la cámara 54. El orificio 37 comunica con el lado superior de la cámara 54. De esa manera, el diafragma 55 es sensible a las presiones relativas aguas arriba y aguas abajo del elemento de flujo laminar 24 y cuando hay un flujo de oxígeno hay una carga neta, que surgen de ese diferencial de presión y proporcional al caudal, que actúa sobre el diafragma 55 (y de allí en el pasador 147) en la dirección hacia abajo.

De manera análoga, el lado de entrada de óxido nítrico de la cámara 125 está en comunicación con la parte inferior de la cámara 154 y el lado de salida de óxido nítrico de la cámara 125 está en comunicación con la parte superior de la cámara 154, siendo sensible el diafragma 155 a las presiones relativas aguas arriba y aguas abajo del elemento de flujo laminar 124. En consecuencia, hay una carga neta, proporcional al caudal de óxido nítrico que actúa sobre el diafragma 155 (y de allí en el pasador 147) en la dirección hacia arriba.

El dispositivo comparador está dispuesto de modo que, en funcionamiento normal, cualquier fuerza hacia arriba aplicada en el pasador 147 por el diafragma 155 es insuficiente para superar las fuerzas acumulativas que empujan el pasador en la dirección hacia abajo (es decir, la carga de resorte y la fuerza atribuible al flujo de oxígeno) y/o cualquier resistencia a la fricción. Cuando, sin embargo, hay una reducción en el caudal de oxígeno, como se describe más adelante, la fuerza hacia arriba sobre el pasador provoca el desplazamiento axial hacia arriba del pasador y la activación de una respuesta como ya se ha descrito con referencia a las FIG. 4a y 4b.

Las restricciones 137 y 144, sirven para retrasar durante un tiempo muy corto (por ejemplo, varios milisegundos) la respuesta del diafragma 155 en la puesta en marcha del suministro de óxido nítrico. En la práctica, el oxígeno ya está fluyendo en el lado de oxígeno del aparato antes de que el suministro de óxido nítrico se encienda. En el encendido del óxido nítrico, hay un período inicial, generalmente de no más de unos pocos milisegundos, en que se llena la trayectoria de flujo de óxido nítrico. Durante ese período, la presión en la cámara 154 por encima del diafragma 155 se iguala con la presión en la cámara 125 aguas abajo del elemento de flujo laminar 124 a una velocidad que está limitada por la restricción 137 y la presión en la cámara por debajo del diafragma 155 se iguala con la presión en la cámara 125 aguas arriba del elemento de flujo laminar 124 a una velocidad que está limitada por la restricción 144. Debido a que la restricción 144 es de menor diámetro que la restricción 137, hay un retraso de tiempo más largo en la igualación de la presión en la cámara por debajo del diafragma 155 con la presión aguas arriba en la cámara 125. Sin las restricciones, la acumulación no retardada de presión debajo del diafragma 154 no sería temporalmente contrarrestada por presión suficiente por encima del diafragma 154 con el resultado de que el dispositivo puede ser activado indeseablemente antes de que la presión por encima del diafragma 154 alcance el nivel de funcionamiento normal. Los diámetros absolutos y los diámetros relativos de las restricciones 137 y 144 se seleccionan de manera que sean capaces de evitar la activación prematura del dispositivo comparador según se acaba de describir al tiempo que sean lo suficientemente grandes para no impedir la activación deseada durante un fallo del mezclador de gas, particularmente en el caso de los bajos caudales como aquellos requeridos para los niños pequeños. Cuando el suministro de óxido nítrico se desconecta, el gas en la parte superior de la cámara 154 es capaz de purgarse más rápidamente a través de la restricción 137 que el gas en la parte inferior de la cámara 154 a través de la restricción 144, como resultado de los respectivos diámetros de las restricciones. La válvula de retención 141 permite el venteo de gas en la parte inferior de la cámara 154 en esas circunstancias, evitando de este modo una activación no deseada del aparato como consecuencia de la de otro modo temporalmente alta presión en la parte inferior de la cámara 154 durante la desconexión.

Los elementos de flujo laminar 24, 124 comprenden cada uno capas de tamiz delgadas que definen una multitud de canales por los que fluye el gas, siendo transformado de este modo el gas en un flujo, en esencia, laminar. Ellos preferiblemente comprenden cada uno un número de capas de tamiz superpuestas. La resistencia de la restricción de flujo laminar de gas de oxígeno se dispone para ser más alta que la resistencia de la restricción de flujo laminar de óxido nitroso. La relación de las dos resistencias controla la relación de flujo a la que se activa el dispositivo. Ambas resistencias se mantienen lo suficientemente altas para generar una fuerza útil para la activación del dispositivo, pero lo suficientemente bajas para no interferir con el funcionamiento del mezclador de gas, normalmente en la región del 10% de la presión de suministro.

Los diafragmas 55, 155 pueden ser de un material polimérico ligero, flexible y elástico, por ejemplo, película gruesa de poliuretano de 25 µm. Pueden estar provistos de forma ventajosa con un rigidizador, que sea preferiblemente de un material ligero, por ejemplo, un material plástico ligero, especialmente, poliéster.

En uso, el flujo de oxígeno se conecta en primer lugar, o un flujo piloto puede estar constantemente presente, incluso cuando no se esté utilizando el suministro de gas. El flujo de óxido nitroso se enciende a continuación. El flujo de óxido nitroso toma un poco de tiempo, normalmente menos de 1 segundo, para llenar la línea de suministro que incluye la cámara 125 y la línea aguas debajo de la misma. Antes de que se alcance un equilibrio, un exceso de presión temporal se acumula en el lado de entrada de la cámara 125 y por consiguiente en la parte inferior de la cámara 154. La acumulación del exceso de presión en la cámara 154 se ralentiza mediante el restrictor 144. El equilibrio se establece rápidamente en los elementos de flujo laminar 24, 124, y el retraso en el desarrollo del exceso de presión en la cámara 154 es suficiente para evitar la activación del dispositivo comparador antes de que se alcance el equilibrio como se describió anteriormente.

Una vez que se alcanza el equilibrio, el elemento de flujo laminar 24 proporciona una caída de presión proporcional al flujo de oxígeno, que actuando sobre el diafragma 55, crea una carga proporcional al flujo de oxígeno, que opera cargando axialmente en el pasador 147 en la misma dirección que la carga aplicada por el resorte 57. Del mismo modo, el elemento de flujo laminar 124 proporciona una caída de presión proporcional al flujo de óxido nitroso, que actuando sobre el diafragma 155, crea una carga proporcional al flujo de óxido nitroso, que opera cargando axialmente en el pasador 147 en la dirección opuesta a la carga aplicada por el resorte 57 y el flujo de oxígeno. En funcionamiento normal, los efectos acumulativos del resorte de empuje 57, el caudal de oxígeno en la línea 1 y las fuerzas de fricción asociadas con los retenes 150 y 151 mantienen el pasador 147 en la posición mostrada en la FIG. 4a. En el caso de un fallo o reducción en el suministro de oxígeno, la componente de la fuerza de empuje atribuible al flujo de oxígeno se reduce o elimina. Si la carga atribuible al flujo de óxido nitroso, aplicada al pasador a través del diafragma 155, es suficiente para superar la carga de oposición restante, el pasador se desplaza axialmente hacia arriba hacia la posición de la cintura 152 en línea con el retén 150, completando una trayectoria de gas desde la parte inferior de la cámara 54 hasta el orificio 53, que activa, por lo tanto, una respuesta que puede ser en la forma de la desconexión del suministro de óxido nitroso, según se muestra en la FIG. 1, o puede incluir también o en su lugar la activación de una alarma, por ejemplo, una alarma sonora.

La desconexión del suministro de óxido nitroso se lleva a cabo al tiempo que el suministro de oxígeno continúa. En la desconexión del suministro de óxido nitroso, se puede producir una caída de presión en el lado de salida de la cámara 125 y la sobrepresión resultante en la parte inferior de la cámara 154 puede ser liberada por medio de la conexión antirretorno a través del inserto 143, a través del elemento flexible 141 en el conducto 140.

Los caudales ilustrativos normales en el sistema de la invención son como sigue:

Uso pediátrico - 5 a 50 litros/min

uso adulto - 30 a 150 litros/min

La disposición del comparador de flujo de la invención ofrece la oportunidad de detectar variaciones relativamente pequeñas en las concentraciones de los gases que son mezclados, que anteriormente normalmente se habrían detectado solamente con el uso de dispositivos electroquímicos o paramagnéticos y sin detrimento de la seguridad. El dispositivo comparador de flujo según se ha descrito no requiere de ningún componente eléctrico, lo que es una ventaja en algunas circunstancias. La inclusión de componentes eléctricos, aunque no se prefiere en algunas circunstancias, está dentro del alcance de la invención.

Eso se hace posible en la forma de realización descrita mediante el uso de elementos de flujo laminar. Una característica importante de los elementos de flujo laminar es que se establece un flujo laminar del gas. El diferencial de presión Δp (es decir, la caída de presión en el gas que pasa a través del elemento de flujo laminar), es, por lo tanto, linealmente proporcional al caudal de gas:

$$\Delta p = kq$$

donde q es el caudal y k es una constante. La importancia de la relación lineal es evidente a partir de la FIG. 5 en la que la línea recta representa la relación lineal entre la presión diferencial y el caudal en un elemento de flujo laminar y la línea curva representa la relación cuadrática entre la presión y el caudal que se aplica en otros métodos para la

determinación del caudal. A caudales bajos, por ejemplo, aquellos que se encuentran en los niños pequeños y representados por P_D en la FIG. 5, se obtienen beneficios sustanciales de sensibilidad según se ilustra por el gradiente más pronunciado de la relación lineal en esta parte de la gráfica. Como guía general, la presión y, por lo tanto, la fuerza disponible para accionar la válvula en una configuración de niños para una resistencia dada con un flujo máximo capaz de hacer frente a la demanda de un adulto grande, es normalmente aproximadamente siete veces mayor que para un orificio sencillo. Para una aplicación dada, habrá una caída de presión máxima aceptable dP_{max} con el flujo máximo Q_{max} , que, por ejemplo, puede ser del 10% de la presión de suministro total, de otro modo la caída de presión puede interferir con la función del dispositivo de mezcla de gases.

Si dos gases X e Y tienen que ser comparados, la diferencia entre los diferenciales de presiones Δp_y , Δp_x para los dos gases puede ahora ser calculada. Suponiendo que X es el gas crítico (por ejemplo, oxígeno en el caso de un sistema de la mezcla de oxígeno y óxido nitroso), entonces la fuerza F disponible debido al flujo solamente para activar el comparador de flujo 5 se puede determinar como la diferencia entre las fuerzas derivadas de las dos caídas de presión que actúan sobre los respectivos diafragmas $A_y \Delta p_y - A_x \Delta p_x$ donde A es el área del diafragma respectivo.

Donde F_x y F_y son las cargas creadas por el caudal de los gases X e Y en los respectivos diafragmas:

$$F_x = A_x k_x q_x$$

$$F_y = A_y k_y q_y$$

$$F = F_y - F_x = A_y k_y q_y - A_x k_x q_x$$

Además de los flujos debidos a la fuerza, hay cargas de fricción inevitables, R de los sellos que actúan sobre el pasador. La carga del resorte se puede añadir en el comparador para permitir que el pasador se restablezca a la posición de cierre, con la fuerza del resorte siendo F_s , el punto de activación de la válvula se representa por la ecuación:

$$F_y - F_x - F_s - R \geq 0$$

La relación anterior se ilustra en la FIG. 6, en la que las dos líneas superiores representan la carga en el dispositivo comparador atribuible a, respectivamente, el flujo de oxígeno normal y el flujo de óxido nitroso en función del caudal. La tercera línea, de trazos representa la carga debida a un flujo de oxígeno reducido que puede surgir, por ejemplo, debido a un defecto del dispositivo de mezcla de gases, al tiempo que el caudal de óxido nitroso no se ve afectado. La carga de desplazamiento de la línea de trazos representa la carga requerida para superar la fuerza debida al empuje del resorte y cualesquiera fuerzas de fricción, y está representada por la suma:

$$\text{Carga acumulada} = F_x + F_s + R$$

Esta es la carga o fuerza que tiene que ser superada por el dispositivo para activar.

La fricción y la fuerza del resorte, aunque indeseables para la sensibilidad, tienen un efecto útil en la prevención de la activación no intencionada debida a vibraciones o golpes, cuando el pasador de otro modo podría moverse y el dispositivo activarse de forma no intencionada. Para colaborar con la resistencia a las vibraciones y golpes, el pasador se fabrica con un material ligero, por ejemplo, aluminio o plástico.

El punto T representa el caudal de óxido nitroso mínimo por debajo del cual el comparador se activará con el flujo de oxígeno reducido mostrado. A caudales de oxígeno normales, sin embargo, la FIG. 6 muestra que la activación no tendrá lugar.

La FIG. 7 es una gráfica que muestra la proporción de oxígeno en una mezcla en un punto de activación en una forma de realización particular de acuerdo con la invención, que tiene un comparador con una carga de activación de 50 g. La gráfica tiene un gradiente muy empinado, que se acerca rápidamente a un valor, en esencia, constante de la proporción de oxígeno a caudales de 20 litros/min o mayores. Esto muestra que se puede obtener una activación fiable sobre un intervalo muy amplio de caudal. Con flujos mayores, los efectos de la fuerza de fricción y la fuerza del resorte tienen menos efecto, por lo que la relación de los flujos a la que se activará el dispositivo se determina mediante la relación de las dos resistencias de los elementos de flujo laminar.

Con flujos inferiores, el efecto de la fricción y la fuerza del resorte se vuelven más significativos como un porcentaje del total de las fuerzas que actúan, por lo que el porcentaje de oxígeno en la activación cae a medida que cae el flujo.

5 A medida que los flujos se hacen aún más pequeños, llegará un punto en el que incluso el 100% de óxido nítrico no disparará el comparador, cuando la fuerza debida al flujo de óxido nítrico sea menor que la carga de fricción y del resorte, y por lo tanto sea insuficiente para desplazar el pasador. En la práctica, sin embargo, el aparato puede ser dispuesto de modo (por ejemplo, con el empleo de diversas características de construcción descritas anteriormente) que ese punto umbral se corresponda con caudales que sean inferiores que los caudales más bajos anticipados en el uso del aparato.

10 En el aparato de la invención el tamaño y la resistencia de los elementos de flujo laminar, los diafragmas, la fricción del pasador y el resorte, son todos seleccionados teniendo en cuenta la relación del flujo máximo más pequeño que se necesita para activar el comparador y el flujo máximo mayor que tiene que fluir a través del dispositivo. Por fines prácticos, sin embargo, la presente invención permite el diseño de un único dispositivo que sea capaz de acomodar los flujos de adulto, al tiempo que todavía se activa cómodamente por encima de un porcentaje de oxígeno hipóxico con los flujos de niño.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de supervisión para supervisar los caudales relativos de los gases primero y segundo que deben ser mezclados, que comprende:

una primera trayectoria de flujo de gas (1) para el primer gas;

- 5 un primer dispositivo de supervisión de flujo (6) para detectar un parámetro relativo al flujo del primer gas a lo largo de la primera trayectoria de flujo de gas (1);

una segunda trayectoria de flujo de gas (2) para el segundo gas;

un segundo dispositivo de supervisión de flujo (7) para detectar un parámetro relativo al flujo del segundo gas lo largo de dicha segunda trayectoria de flujo de gas (2);

- 10 un dispositivo comparador (5) para comparar dicho parámetro relativo al flujo del primer gas y dicho parámetro relativo al flujo del segundo gas; y que puede funcionar para generar una respuesta en función de dicha comparación, caracterizado por

que el primer dispositivo de supervisión de flujo (6) es un elemento de flujo laminar situado en dicha primera trayectoria de flujo de gas (1) y que tiene un lado aguas arriba y un lado aguas abajo con respecto a dicha primera trayectoria de flujo de gas (1), siendo el parámetro relativo al flujo del primer gas un diferencial de presión entre dichos lados de aguas arriba y de aguas abajo, y

- 15 que el segundo dispositivo de control de flujo (7) es un elemento de flujo laminar situado en dicha segunda trayectoria de flujo de gas (2) y que tiene un lado aguas arriba y un lado aguas abajo con respecto a dicha segunda trayectoria de flujo de gas (2), siendo el parámetro relativo al flujo del segundo gas un diferencial de presión entre dichos lados de aguas arriba y aguas abajo, y

que comprende además un dispositivo para impedir la generación de una dicha respuesta durante la puesta en marcha y/o la desconexión del flujo del segundo gas, en donde dicho dispositivo para impedir la generación de una dicha respuesta comprende una primera restricción (137) en una primera trayectoria de gas (136) que comunica entre un primer lado, aguas arriba del segundo dispositivo de supervisión de flujo (7) y el dispositivo comparador (5) y una segunda restricción (144) en una segunda trayectoria de gas (143) que comunica entre un segundo lado, aguas abajo del segundo dispositivo de supervisión de flujo (7), siendo el diámetro de dicha primera restricción (137) menor que el diámetro de dicha segunda restricción (144).

- 25 2. Un dispositivo de supervisión de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el dispositivo comparador comprende un elemento válvula (147) que es accionado por una fuerza derivada de dicho primer dispositivo de supervisión de flujo (6) y por una fuerza derivada de dicho segundo dispositivo de supervisión de flujo (7), y la fuerza derivada de dicho primer dispositivo de supervisión de flujo (6) actúa sobre el elemento de válvula (147) en una primera dirección y la fuerza derivada de dicho segundo dispositivo de supervisión de flujo (7) actúa sobre el elemento válvula (147) en una segunda dirección opuesta a dicha primera dirección.

- 35 3. Un dispositivo de supervisión de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el dispositivo comparador (5) comprende un elemento válvula (147), un primer elemento de accionamiento (55) plano conectado a dicho elemento válvula (147), y un segundo elemento de accionamiento (155) plano conectado a dicho elemento válvula (147), siendo accionado el primer elemento de accionamiento (55) plano por una fuerza derivada del primer elemento de flujo laminar (6) y siendo accionado el segundo elemento de accionamiento (155) plano por una fuerza derivada del segundo elemento de flujo laminar (7).

- 40 4. Un dispositivo de supervisión de acuerdo con la reivindicación 3, en donde dicho primer elemento de accionamiento (55) plano es accionado en una primera dirección por una fuerza derivada de la presión en el lado aguas arriba del primer elemento de flujo laminar (24) y es accionado en una segunda dirección, opuesta por una fuerza derivada de la presión en el lado aguas abajo del primer elemento de flujo laminar (24), y dicho segundo elemento de accionamiento (155) plano es accionado en una primera dirección por una fuerza derivada de la presión en el lado aguas abajo del segundo elemento de flujo laminar (124) y es accionado en una segunda dirección, opuesta por una fuerza derivada de la presión en el lado aguas arriba del segundo elemento de flujo laminar (124).

5. Un dispositivo de supervisión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el primer dispositivo de supervisión de flujo (6) tiene una mayor resistencia al flujo que dicha segunda resistencia al flujo.

- 50 6. Un dispositivo de supervisión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo comparador (5) comprende una válvula de carrete (146).

7. Un dispositivo de supervisión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo comparador (5) comprende un elemento válvula (147) que puede funcionar para permitir o denegar el

paso del primer gas a través del dispositivo comparador (5) en función de los caudales relativos de los gases primero y segundo.

- 5 8. Un dispositivo de supervisión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo comparador (5) incluye un dispositivo de empuje, proporcionando el dispositivo de empuje una fuerza de empuje que debe ser superada para que se genere la respuesta.
9. Un dispositivo de supervisión de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el dispositivo de empuje comprende un resorte (57).
10. Un dispositivo de supervisión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la respuesta a ser generada se selecciona de entre reducir o finalizar el flujo del segundo gas y activar una alarma.
- 10 11. Un dispositivo de suministro de gas para suministrar una mezcla de gases primero y segundo que comprende una fuente de un primer gas, que incluye una primera trayectoria de flujo de gas para dicho primer gas; una fuente de un segundo gas, que incluye una segunda trayectoria de flujo de gas para dicho segundo gas; un dispositivo de mezcla para mezclar dicho primer gas desde dicha primera trayectoria de flujo de gas y dicho segundo gas desde dicha segunda trayectoria de flujo de gas para obtener una mezcla de gases;
- 15 un conducto de suministro de gas dispuesto para suministrar dicha mezcla de gases; y un aparato de supervisión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes para supervisar los flujos de gas relativos en dicha primera trayectoria de flujo de gas y dicha segunda trayectoria de flujo de gas.

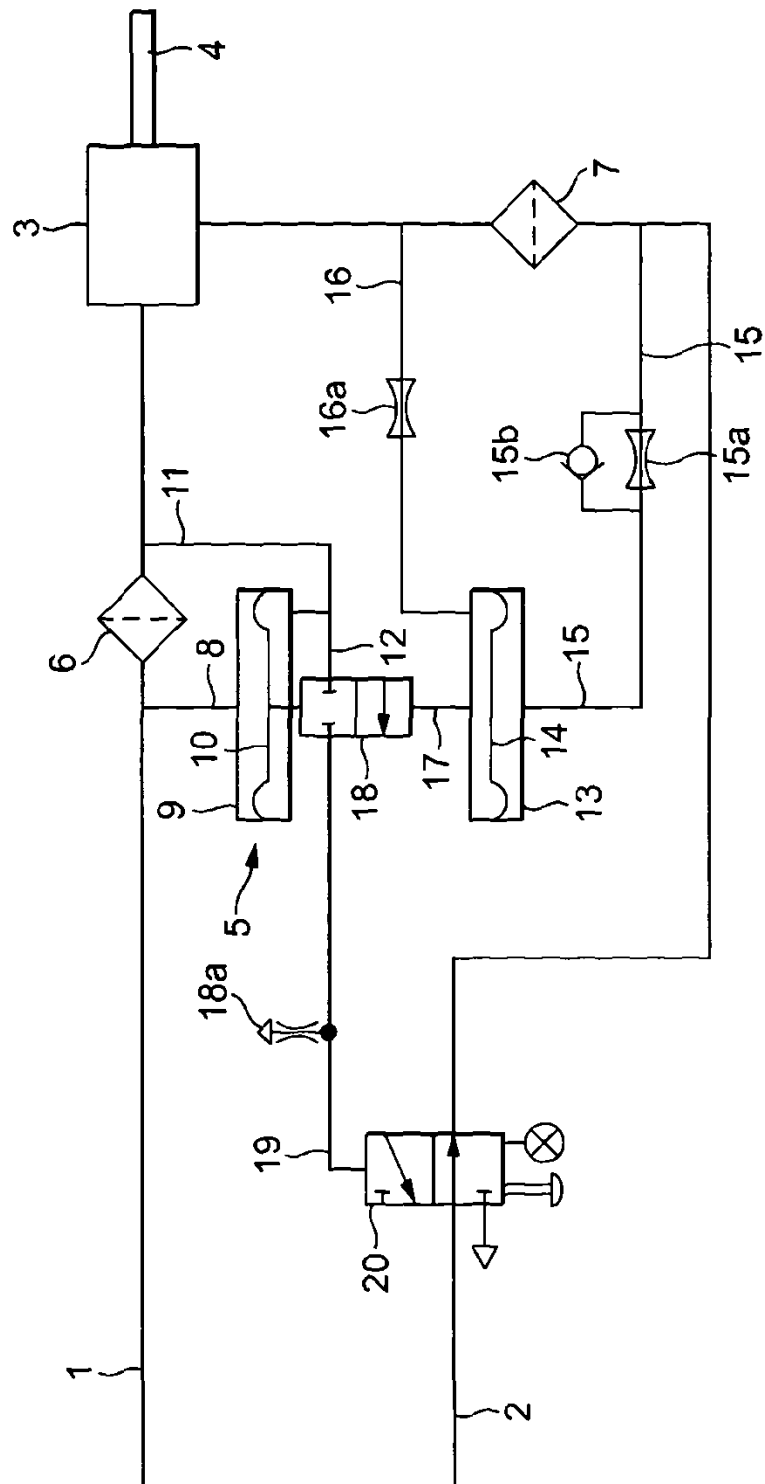


FIG. 1

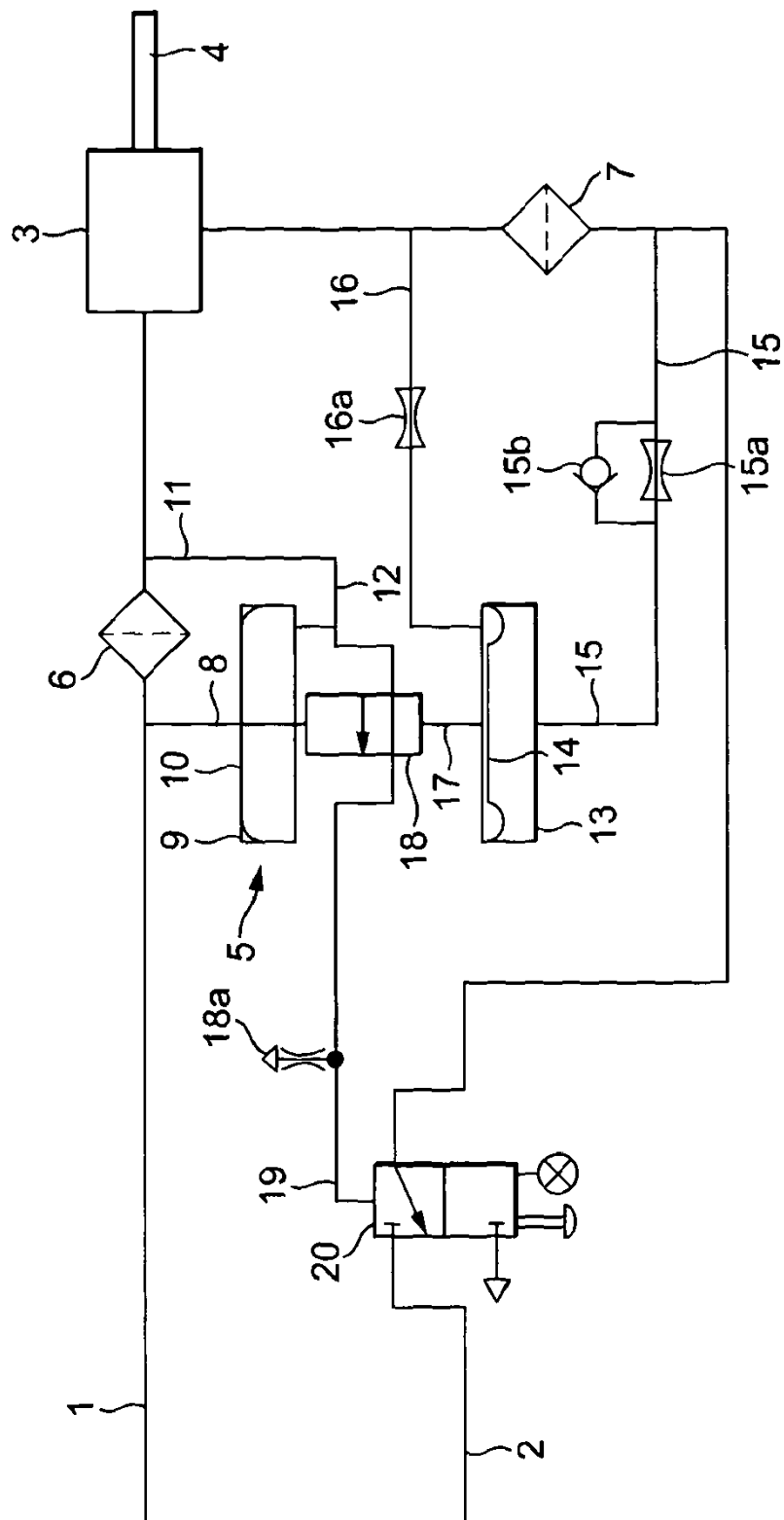


FIG. 2

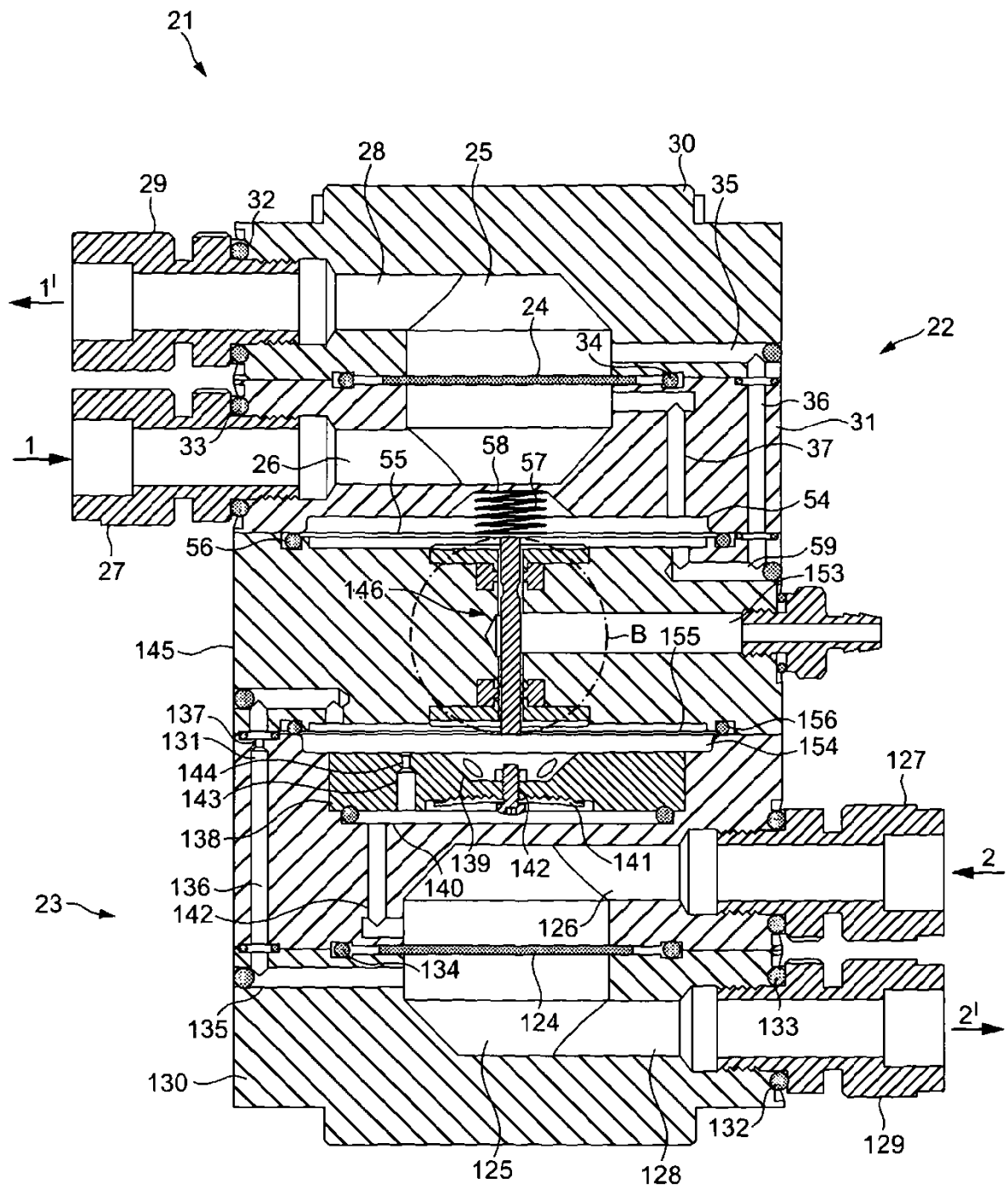


FIG. 3

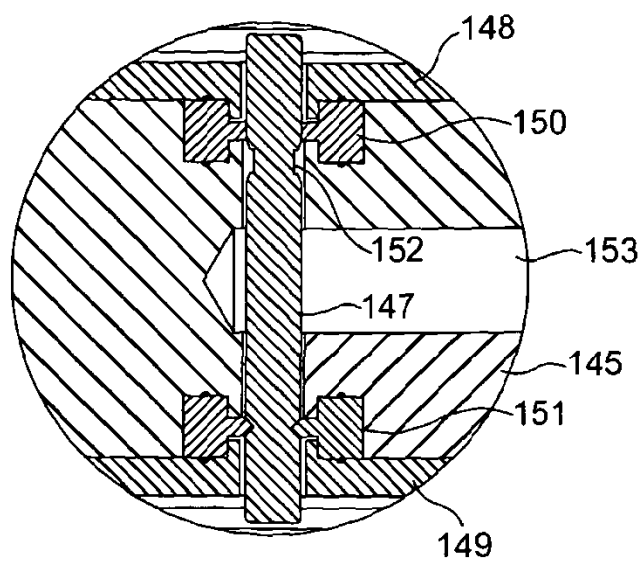


FIG. 4a

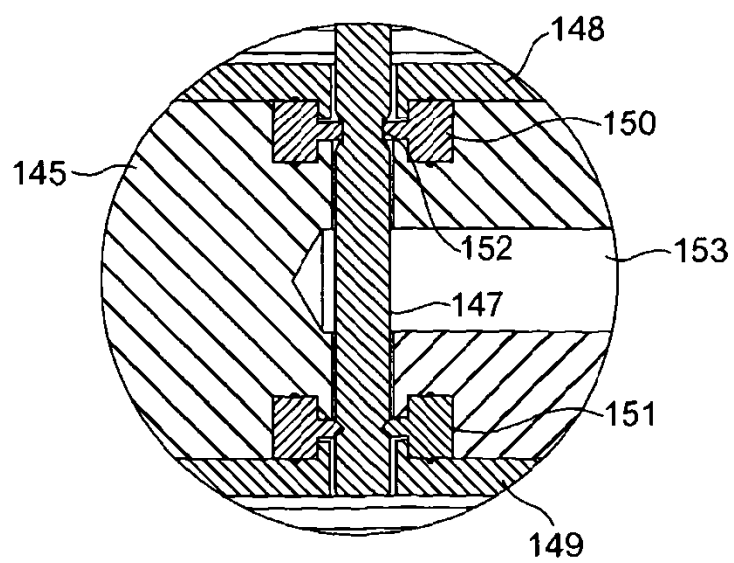


FIG. 4b

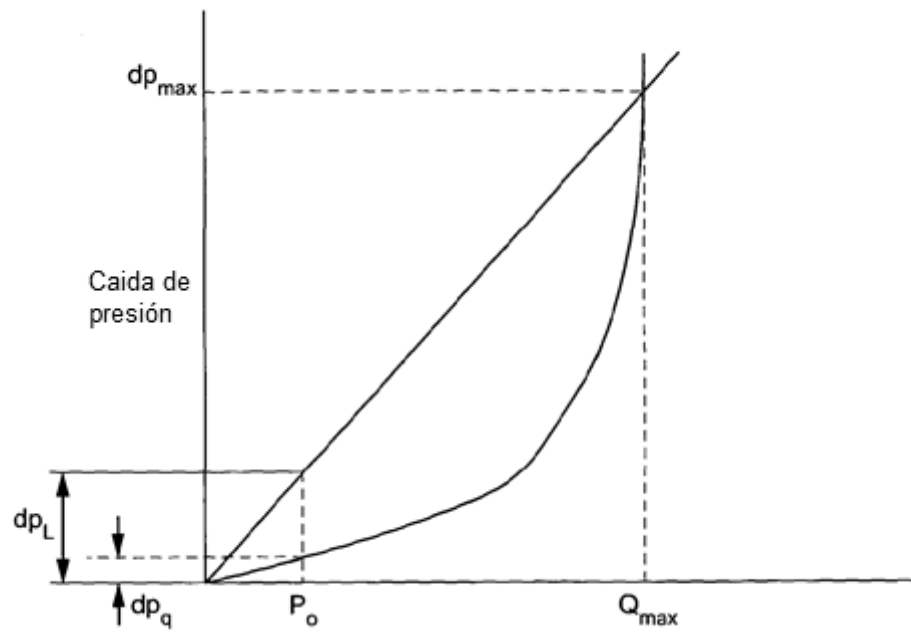


FIG. 5

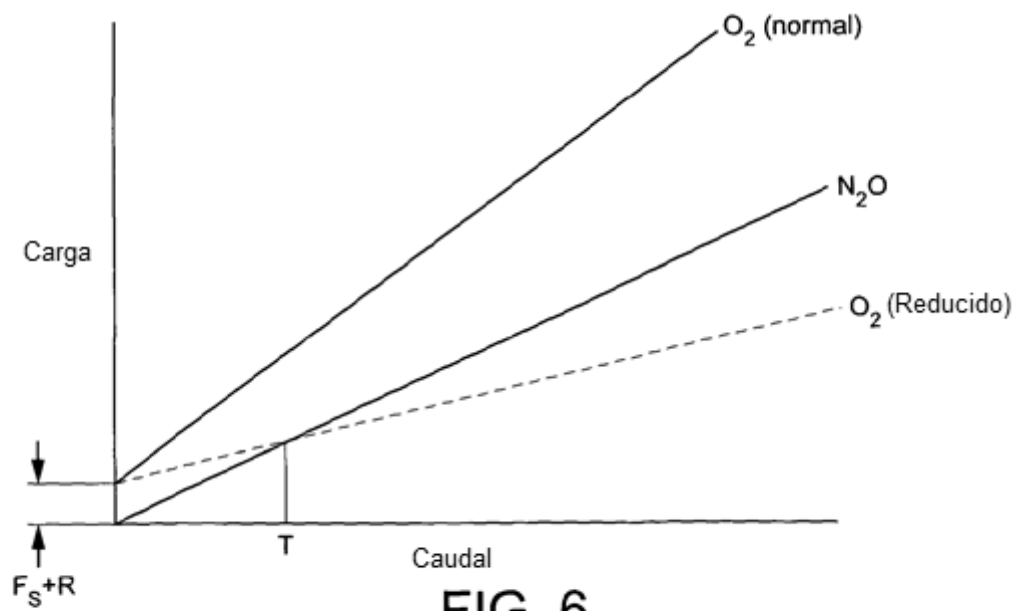


FIG. 6

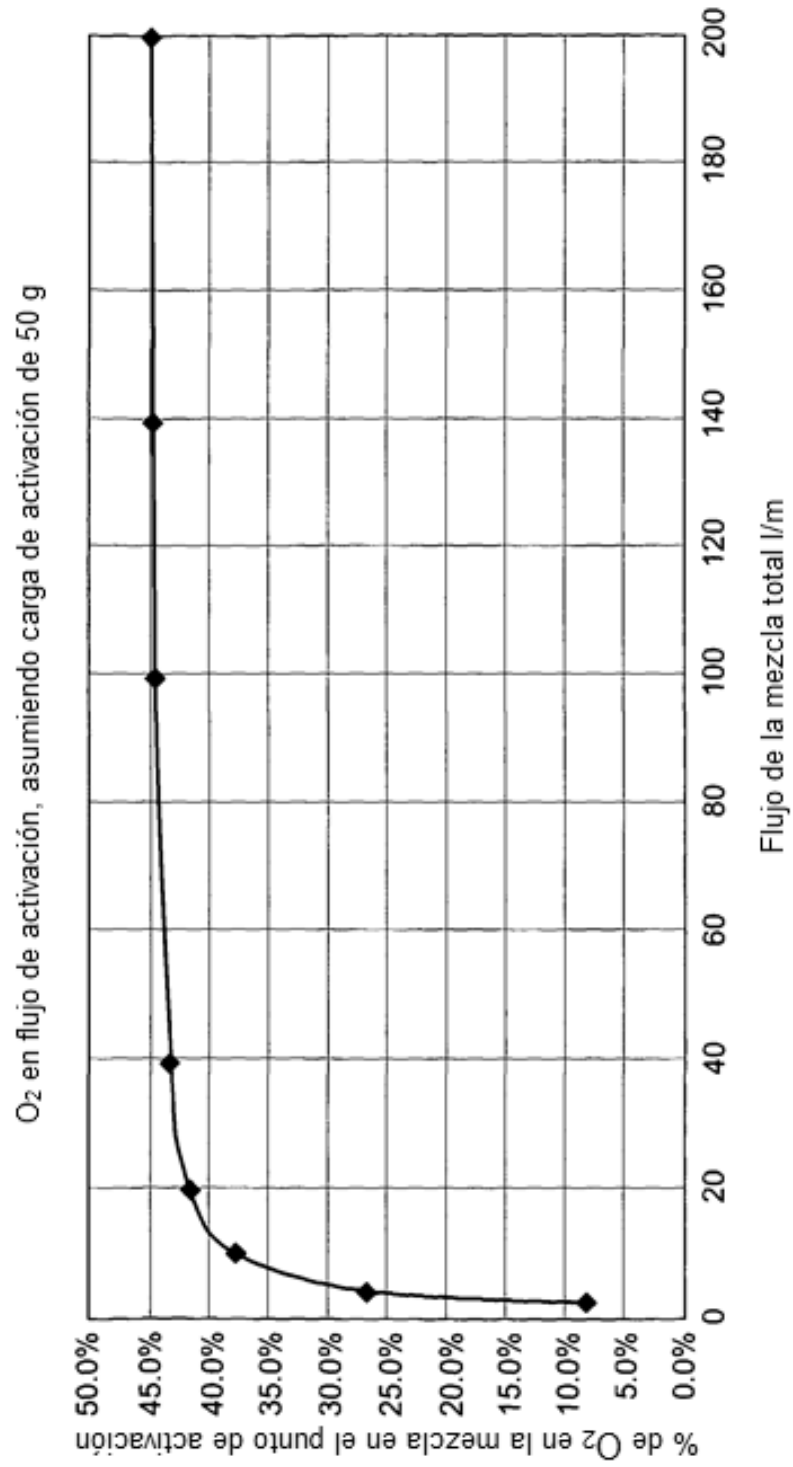


FIG. 7