

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 309**

51 Int. Cl.:

**A62C 99/00** (2010.01)

**F24F 3/16** (2006.01)

**B01D 53/04** (2006.01)

**B01D 53/047** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2011 PCT/EP2011/072432**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2012 WO12076721**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2011 E 11794482 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2547406**

54 Título: **Procedimiento de inertización para la prevención de incendios y/o la extinción de incendios, así como dispositivo de inertización para la realización del procedimiento**

30 Prioridad:

**10.12.2010 EP 10194584**

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

**08.11.2017**

73 Titular/es:

**AMRONA AG (100.0%)  
Baarerstrasse 10  
6304 Zug, CH**

72 Inventor/es:

**EBERLEIN, ANSELM y  
KERSTEN, PETER UWE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 641 309 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de inertización para la prevención de incendios y/o la extinción de incendios, así como dispositivo de inertización para la realización del procedimiento

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de inertización para la prevención de incendios y/o la extinción de incendios, en el que en la atmósfera ambiental de un espacio cerrado se ajusta y se mantiene un contenido de oxígeno predeterminable y reducido en comparación con el aire ambiental normal.

10 Adicionalmente, la presente invención se refiere a un dispositivo de inertización para ajustar y/o mantener un contenido de oxígeno predeterminable y reducido en comparación con el aire ambiental normal en la atmósfera ambiental de un espacio cerrado, en el que el dispositivo de inertización presenta un sistema de separación de gases, con el que de una mezcla inicial que contiene nitrógeno y oxígeno se separa por lo menos una parte del oxígeno y de esta manera se provee una mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno en la salida del sistema de separación de gases, y en el que el dispositivo de inertización presenta un sistema de tubería de alimentación para alimentar la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno al espacio cerrado.

15 En un dispositivo de inertización del tipo arriba mencionado, se trata en particular de un dispositivo para disminuir el riesgo y para la extinción de incendios en un espacio de protección monitoreado, en el que he para la prevención y el combate de incendios se inertiza de manera permanente el espacio protegido. El modo de acción de un dispositivo de inertización de este tipo se basa en el conocimiento de que en los espacios cerrados el peligro de incendio se puede contrarrestar, si en la zona afectada la concentración de oxígeno en el caso normal se reduce de manera permanente a un valor de, por ejemplo, aproximadamente 12 a 15% en volumen. Con esta concentración de oxígeno, la mayoría de los materiales combustibles ya no pueden arder. Los ámbitos de aplicación principales son, en particular, las zonas de tratamiento electrónico de datos, los espacios de distribución y conexión eléctrica, instalaciones cerradas y zonas de almacenamiento que contienen materiales de alto valor económico.

20 Por el documento EP 2 204 219 A1 se conoce un procedimiento y un dispositivo del tipo previamente mencionado. A este respecto, se emplea una realimentación para extraer del espacio protegido una parte del aire ambiental existente en el espacio cerrado y conducirlo a una cámara de mezclado. En esta cámara de mezclado, la parte extraída del aire ambiental se mezcla con aire fresco. La mezcla gaseosa que se obtiene de esta manera (mezcla gaseosa inicial) se dirige a un compresor, en el que se comprime y a continuación se dirige a un generador de nitrógeno. En este generador de nitrógeno, por lo menos una parte del oxígeno se separa de la mezcla gaseosa inicial previamente obtenida y de esta manera en la salida del generador de nitrógeno se provee una mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno. Esta mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno luego se dirige al espacio cerrado, para reducir allí la concentración de oxígeno de la atmósfera de aire ambiental a un nivel de inertización predeterminado o para mantenerla en un nivel de inertización ya ajustado.

35 El procedimiento empleado en el documento EP 2 204 219 A1 de realimentar la atmósfera reducida en oxígeno en la protección contra incendios para la generación efectiva de nitrógeno, en la práctica presupone un procedimiento de realimentación adaptado de la manera más óptima posible al sistema de separación de gases empleado. En particular, se debe procurar que la mezcla gaseosa inicial provista en la cámara de mezclado siempre esté disponible en un estado óptimo para el sistema de separación de gases empleado. Este requisito rige en particular, si como sistema de separación de gases se emplean varios generadores de nitrógeno con respectivamente un compresor asignado. En este caso, se deberá procurar en particular que el respectivo comportamiento de aspiración de cada generador de nitrógeno individual no tenga efectos retroactivos sobre los otros generadores de nitrógeno. A este respecto, se ha de tener en cuenta que un generador de nitrógeno, en el que para la separación de los gases se usa una técnica de membrana, presenta un comportamiento de aspiración constante. En cambio, si se usa un generador de nitrógeno, en el que para la separación de los gases se emplea a la tecnología de PSA o la tecnología de VPSA previamente descritas, se debe tener en cuenta que el comportamiento de aspiración de un generador de nitrógeno de este tipo puede ser pulsátil.

45 En particular en espacios de gran volumen, tales como naves de almacenamiento, con frecuencia es deseable que para ajustar y mantener un nivel de inertización predeterminado o predeterminable se usen varios generadores de nitrógeno en paralelo, en lo que en estos generadores de nitrógeno determinadas circunstancias se emplean diferentes tecnologías para la separación de gases. En un caso así se requiere una tubería de realimentación independiente y muy costosa para cada generador de nitrógeno desde el espacio cerrado al respectivo generador de nitrógeno, con el fin de asegurar el funcionamiento óptimo del generador de nitrógeno. Este requisito resulta en una construcción relativamente compleja del dispositivo de inertización.

55 Partiendo de esta problemática, el objetivo de la presente invención consiste en perfeccionar el dispositivo de inertización conocido por el documento EP 2 204 219 A1, o el procedimiento de inertización conocido por el documento EP 2 204 219 A1, respectivamente, de tal manera que de una manera tan sencilla pero eficiente como sea posible, en el espacio cerrado se puede ajustar y mantener un nivel de inertización previamente especificado.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, con respecto al procedimiento de inertización está previsto que en una cámara de mezclado se provea una mezcla gaseosa inicial, que presente oxígeno, nitrógeno y,

dado el caso, otros componentes, y a partir de esta mezcla gaseosa inicial provista, en un sistema de separación de gases se separe por lo menos una parte del oxígeno y, de esta manera, en la salida del sistema de separación de gases se provea una mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno, y esta mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno se dirige a la atmósfera ambiental del espacio cerrado. Para proveer la mezcla gaseosa inicial, está previsto un sistema de tubería de realimentación que conecta el espacio cerrado con la cámara de mezclado, y adicionalmente se provee un dispositivo de ventilación que extrae una parte del aire ambiental existente dentro del espacio cerrado de una manera controlada y lo dirige a la cámara de mezclado, y con ayuda de un dispositivo de ventilación provisto en un sistema de alimentación de aire fresco conectado con la cámara de mezclado, la parte extraída del aire ambiental se mezcla de manera controlada con aire fresco.

5  
10  
15 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, en lo referente al procedimiento está previsto que el dispositivo de ventilación provisto en el sistema de realimentación se controle de tal manera que el volumen de aire ambiental extraído por unidad de tiempo del espacio en cuestión y de la cámara de mezclado se ajuste de tal manera, que la diferencia entre la presión en la cámara de mezclado y la presión atmosférica exterior no sobrepase un valor de umbral superior predeterminado o predeterminable y no descienda por debajo de un valor de umbral inferior predeterminado o predeterminable.

20 De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, en lo referente al procedimiento está previsto que el dispositivo de ventilación provisto en el sistema de tubería de alimentación de aire fresco se controle de tal manera que el volumen de aire fresco suministrado por unidad de tiempo a la parte extraída del aire ambiental se ajuste de tal manera, que la diferencia entre la presión en la cámara de mezclado y la presión atmosférica exterior no sobrepase un valor de umbral predeterminado o predeterminable y no descienda por debajo de un valor de umbral inferior predeterminado o predeterminable.

25 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, en lo referente al dispositivo de inertización está previsto que el dispositivo de inertización continúe presentando una cámara de mezclado, preferentemente una cámara de mezclado realizada como un tubo de mezclado, que sirve para proveer la mezcla gaseosa inicial, en lo que en la cámara de mezclado desemboca un primer sistema de tubería, por el que una parte del aire ambiental contenido dentro del espacio cerrado se extrae del espacio y se dirige a la cámara de mezclado, y en lo que en la cámara de mezclado desemboca un segundo sistema de tubería, por el que se suministra aire fresco a la cámara de mezclado.

30 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, en lo referente al dispositivo de inertización está previsto que el dispositivo de inertización presente adicionalmente en el primer sistema de tubería un primer dispositivo de ventilación controlable mediante un dispositivo de control, así como un segundo dispositivo de ventilación controlable mediante un segundo dispositivo de control en el segundo sistema de tubería.

35 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, en lo referente al dispositivo de inertización está previsto que en un dispositivo de inertización que presente un dispositivo de control de este tipo, el dispositivo de control esté diseñado para controlar el primer dispositivo de ventilación de tal manera que el volumen de aire ambiental extraído del espacio por unidad de tiempo por medio del primer dispositivo de ventilación y suministrado a la cámara de mezclado se ajuste de tal manera que la diferencia entre la presión existente en la cámara de mezclado y la presión atmosférica exterior no sobrepase un valor de umbral superior predeterminado o predeterminable y no descienda por debajo de un valor de umbral inferior predeterminado o predeterminable.

40 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, en lo referente al dispositivo de inertización está previsto que en un dispositivo de inertización, que presenta un dispositivo de control, el dispositivo de control está diseñado para controlar el segundo dispositivo de ventilación de tal manera que el volumen de aire fresco mezclado por unidad de tiempo con la proporción de aire ambiental extraída se controle de tal manera, que el volumen de aire fresco mezclado con el aire ambiental extraído por unidad de tiempo mediante el segundo dispositivo de ventilación se ajuste de tal manera que la diferencia entre la presión existente en la cámara de mezclado y la presión atmosférica exterior no sobrepase un valor de umbral predeterminado o predeterminable y no descienda por debajo de un valor de umbral predeterminado o predeterminable.

45 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, en lo referente al dispositivo de inertización está previsto que el dispositivo de inertización presente un dispositivo de control, que esté diseñado para controlar el sistema de separación de gases de tal manera que el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno se modifique en función del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado.

50 A este respecto, el efecto de prevención y de extinción resultante del procedimiento de inertización se basa en el principio del desplazamiento del oxígeno. Como se sabe, el aire ambiental normal consiste en aproximadamente un 21% en volumen de oxígeno, aproximadamente un 78% en volumen de nitrógeno y aproximadamente 1% en volumen de otros gases. Para poder reducir efectivamente el riesgo de incendio en un espacio protegido, se reduce la concentración de oxígeno en el espacio afectado mediante la introducción de un gas inerte, por ejemplo, nitrógeno. En lo referente a la extinción de incendio de la mayoría de los materiales sólidos, se sabe que el efecto de extinción ya se presenta cuando la proporción de oxígeno desciende por debajo de un 15% en volumen. Dependiendo de los materiales combustibles existentes en el espacio protegido, puede ser necesaria una reducción

adicional de la proporción de oxígeno, por ejemplo, a un 12% en volumen. Por lo tanto, mediante una inertización permanente del espacio protegido también se puede disminuir de manera efectiva el riesgo de generación de un incendio en el espacio protegido.

5 En el procedimiento o en el dispositivo de inertización de acuerdo con la presente invención se aprovecha el conocimiento de que la pureza de oxígeno de la mezcla gaseosa suministrada en la salida del sistema de separación de gases y enriquecida con nitrógeno, o el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa suministrada en la salida del sistema de separación de gases y enriquecida con nitrógeno, respectivamente, ejerce una influencia sobre el así llamado "tiempo de reducción". Bajo el término "tiempo de reducción" se ha de entender la duración del tiempo requerido para ajustar un nivel de inertización predeterminado en la atmósfera ambiental del espacio cerrado.

En particular, en la presente invención se aprovecha el conocimiento de que con una creciente pureza del nitrógeno, el factor de aire del sistema de separación de gases aumenta exponencialmente.

15 Bajo el término "factor de aire", se ha de entender la relación del volumen de la mezcla gaseosa inicial suministrada por unidad de tiempo al sistema de separación de gases con respecto al volumen de gas enriquecido con nitrógeno suministrado por unidad de tiempo en la salida del sistema de separación de gases. En un generador de nitrógeno, normalmente la pureza de nitrógeno se puede seleccionar libremente en la salida del sistema de separación de gases y se puede ajustar en el generador de nitrógeno. A este respecto, en principio rige que los costes operativos del generador de nitrógeno son tanto más reducidos, cuanto más baja sea la pureza de nitrógeno ajustada. Porque entonces es posible proveer, con un tiempo de funcionamiento relativamente corto del compresor, una mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno con la pureza de nitrógeno ajustada en la salida del sistema de separación de gases.

20 En lo referente a los costes operativos del dispositivo de inertización generados durante la inertización del espacio, es necesario, sin embargo, considerar otros factores. Entre estos figuran en particular los factores de lavado, con el fin de desplazar el oxígeno presente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado por medio de la mezcla gaseosa suministrada en la salida del sistema de separación de gases y enriquecida con nitrógeno, de tal manera que se pueda alcanzar o mantener el nivel de inertización especificado. Entre estos factores de lavado figuran en particular el volumen de gas enriquecido con nitrógeno que puede ser suministrado por unidad de tiempo por el sistema de separación de gases, el volumen espacial del espacio cerrado y la diferencia entre el contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado y el contenido de oxígeno que corresponde al nivel de inertización especificado. A este respecto, se ha de tener en cuenta que en lo referente al tiempo de reducción, la pureza de nitrógeno de la mezcla gaseosa suministrada en la salida del sistema de separación de gases o el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno igualmente juega un papel decisivo, ya que el proceso de lavado se realiza tanto más rápido, cuanto menor sea el contenido residual de oxígeno en la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno.

35 Bajo el término aquí empleado "sistema de separación de gases", se ha de entender un sistema con el que a partir de una mezcla gaseosa inicial, que presenta por lo menos los componentes "oxígeno" y "nitrógeno", se puede efectuar una separación para proveer un gas enriquecido con oxígeno y un gas enriquecido con nitrógeno. Normalmente, el modo de funcionamiento de un sistema de separación de gases de este tipo se basa en el la acción de membranas separadoras de gases. El sistema de separación de gases empleado en la presente invención está concebido principalmente para separar el oxígeno de la mezcla gaseosa inicial. Un sistema de separación de gases de este tipo frecuentemente se denomina también como "generador de nitrógeno".

45 En un sistema de separación de gases de este tipo, se emplea, por ejemplo, un módulo de membrana, en el que los diferentes componentes contenidos en la mezcla gaseosa inicial (por ejemplo, oxígeno, nitrógeno, gases nobles, etc.) se difunden a diferentes velocidades a través de la membrana, de manera correspondiente a su estructura molecular. Como membrana se puede usar una membrana de fibras huecas. El oxígeno, el dióxido de carbono y el nitrógeno presentan un alto grado de difusión, y por esta razón abandonan de manera relativamente rápida la mezcla gaseosa inicial al fluir a través del módulo de membrana. El nitrógeno con un bajo grado de difusión atraviesa la membrana de fibra hueca del módulo de membrana muy lentamente y de esta manera se acumula al fluir a través de la fibra hueca o del módulo de membrana, respectivamente. La pureza de nitrógeno o el contenido residual de oxígeno en la mezcla gaseosa que sale del sistema de separación de gases depende de la velocidad de flujo. Mediante la variación de la presión y el flujo volumétrico se puede ajustar el sistema de separación de gases a la pureza de nitrógeno requerida y la proporción de nitrógeno necesaria. En particular, la pureza del nitrógeno se regula por medio de la velocidad con la que el gas fluye a través de la membrana (tiempo de permanencia).

55 La mezcla gaseosa separada, enriquecida con oxígeno, normalmente se recoge y se libera al medio ambiente circundante bajo presión atmosférica. La mezcla gaseosa comprimida, enriquecida con nitrógeno, se provee en la salida del sistema de separación de gases. En el análisis de la composición del producto gaseoso, la medición se efectúa en base al contenido residual de oxígeno expresado como % en volumen. El contenido de nitrógeno se calcula restando el contenido residual de oxígeno medido del 100%. A este respecto, se ha de tener en cuenta que este valor, aun cuando reciba la denominación de contenido de nitrógeno o pureza de nitrógeno, de hecho se refiere al contenido inerte, ya que esta corriente parcial no solo se compone de nitrógeno, sino también de otros

componentes gaseosos, tales como, por ejemplo, gases nobles.

Normalmente, el sistema de separación de gases o el generador de nitrógeno, respectivamente, se alimentan con aire comprimido, que se depura por medio de unidades de filtro antepuestas. En principio es posible que para proveer el gas enriquecido con nitrógeno se emplee un procedimiento de cambio de presión (tecnología PSA) que trabaja con dos lechos de tamiz molecular, en el que ambos tamices se conmutan alternadamente de un modo de filtro a un modo de regeneración, por lo que se posibilita la corriente de gas enriquecido con nitrógeno.

Si no se requiere de manera indispensable una corriente continua de gas enriquecido con nitrógeno en la salida de un generador de nitrógeno que funciona con el procedimiento de cambio de presión, también se puede usar un solo lecho de tamiz molecular, que se lleva alternadamente por acumulación de presión a un estado de adsorción, mientras que en la salida se provee el gas enriquecido con nitrógeno, y posteriormente se lleva a un estado de desorción a baja presión, en el que el aire enriquecido con oxígeno, existente entonces en la zona del lecho de tamiz molecular, puede ser expulsado entonces.

Si en el generador de nitrógeno se emplea, por ejemplo, una técnica de membrana, se aprovecha el conocimiento general de que gases diferentes se difunden a diferente velocidad a través de los materiales. En el generador de nitrógeno, en este caso, las diferentes velocidades de difusión de los componentes principales del aire, es decir, el nitrógeno, el oxígeno y el vapor de agua, se aprovechan técnicamente para generar una corriente de nitrógeno o, respectivamente, aire enriquecido con nitrógeno. En particular, para la realización técnica de un generador de nitrógeno basado en la técnica de membrana, en las superficies exteriores de las membranas de fibra hueca se aplica un material de separación, a través del que se difunden muy bien el vapor de agua y el oxígeno. Por el contrario, el nitrógeno solo presenta una velocidad de difusión muy reducida para este material de separación. Si la fibra hueca preparada de esta manera se somete a un flujo interior de aire, el vapor de agua y el oxígeno se difunden rápidamente a través de la pared de la fibra hueca hacia el exterior, mientras que el nitrógeno se retiene en gran parte en el interior de la fibra, de tal manera que durante el paso a través de la fibra hueca se produce una fuerte concentración del nitrógeno. La efectividad de este procedimiento de separación depende sustancialmente de la velocidad de flujo en la fibra y de la diferencia de presión a través de la pared de la fibra hueca. A medida que se reduce la velocidad de flujo y/o aumenta la diferencia de presión entre el lado interior y el lado exterior de la membrana de fibra hueca, se incrementa la pureza de la corriente de nitrógeno resultante. Expresado en términos generales, por lo tanto, en un generador de nitrógeno basado en la técnica de membrana se puede controlar el grado de enriquecimiento de nitrógeno en el aire enriquecido con nitrógeno suministrado por el generador de nitrógeno en función del tiempo de permanencia del aire comprimido suministrado por la fuente de aire comprimido en el sistema de separación de aire del generador de nitrógeno.

Por otra parte, por ejemplo, si en el generador de nitrógeno se emplea la técnica de PSA, se aprovechan las diferentes velocidades de enlace del oxígeno del aire y del nitrógeno del aire a un carbón activado especialmente tratado. A este respecto, la estructura del carbón activado empleado se modifica de tal manera, que se provee una superficie extremadamente grande con un gran número de microporos y submicroporos ( $d < 1$  nm). Con este tamaño de poros, las moléculas de oxígeno del aire se difunden sustancialmente más rápido al interior de los poros que las moléculas de nitrógeno, de tal manera que el aire en el entorno próximo al carbón activado se enriquece con nitrógeno. Por lo tanto, en un generador de nitrógeno basado en la técnica de PSA – al igual que en un generador basado en la técnica de membrana –, el grado de enriquecimiento de nitrógeno en el aire enriquecido con nitrógeno suministrado por el generador de nitrógeno se puede controlar en función del tiempo de permanencia del aire comprimido suministrado por la fuente de aire comprimido en el generador de nitrógeno.

Como se ha descrito previamente, este tipo de generadores de nitrógeno, que emplean la técnica de PSA, tienen que ser operados alternadamente en un modo de adsorción y en un modo de desorción, en lo que durante el modo de adsorción (modo de filtro) tiene que efectuarse una acumulación de presión en el lecho de tamiz molecular, con el fin de asegurar una difusión suficiente de moléculas de oxígeno hacia los poros del carbón activado (granulado de carbono, CMS) para el procedimiento de generación. Frente a la presión comparativamente incrementada del lecho de tamiz en comparación con la presión ambiental durante esta fase de adsorción, la presión se reduce durante la posterior fase de desorción (fase de lavado o fase de regeneración), con el fin de permitir un lavado efectivo del granulado de carbono.

En los generadores de nitrógeno de PSA estándar, que por esta razón también se denominan como generadores de adsorción por cambio de presión, durante el ciclo de regeneración (fase de desorción) se usa un nivel de presión que corresponde sustancialmente a la presión ambiental. Una configuración más compleja en comparación con estos generadores de adsorción por cambio de presión estándar, la presentan los así llamados generadores de adsorción por cambio de presión de vacío (técnica de VPSA), que intensifican o acortan el proceso de desorción debido a que no solo ocurre una reducción de la presión al nivel de la presión ambiental, sino porque en la zona del lecho de tamiz molecular que se va a regenerar se acumula activamente una presión reducida en comparación con la presión ambiental en dirección al nivel de presión de vacío. Para esto se requiere entonces que además del nivel de presión aumentado, provisto por el compresor, también se provea una presión correspondientemente reducida en dirección hacia el nivel de la presión de vacío, pero lo que normalmente se requiere una fuente de vacío. Una fuente de vacío de este tipo puede estar realizada, por ejemplo, en forma de una bomba de vacío.

Como ya se ha insinuado más arriba, en la solución de acuerdo con la presente invención se aprovecha el conocimiento de que, por una parte, con una creciente pureza de nitrógeno aumenta de manera exponencial el factor de aire del sistema de separación de gases, y por otra parte, que para ajustar el nivel de inertización especificado, los compresores empleados en el dispositivo de inertización tienen que funcionar tanto más tiempo como menor sea la diferencia entre el contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado y el contenido de oxígeno residual en la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno. A este respecto, se ha de tener en cuenta que la duración del tiempo del proceso de reducción de un espacio que se va a inertizar, ya sea para la regulación de mantenimiento del espacio con un contenido de oxígeno residual fijo o durante la disminución a un nuevo nivel de reducción, el consumo de energía del dispositivo de inertización es casi directamente proporcional ya que el compresor conectado antes del sistema de separación de gases en su punto de funcionamiento se opera digitalmente con un grado de rendimiento óptimo.

Por lo tanto, cabe destacar que, cuando para la pureza del nitrógeno se selecciona un valor bajo de, por ejemplo, 90% en volumen, el dispositivo de gas inerte debe funcionar durante relativamente mucho tiempo para ajustar un nivel de inertización. Si el valor de la pureza del nitrógeno se aumenta a un valor de E, por ejemplo, 95% en volumen, también se incrementa la diferencia entre el contenido de oxígeno del nivel de inertización que se quiere ajustar y el contenido de oxígeno residual de la mezcla de gases provista en la salida del sistema de separación de gases, lo que en sí reduce el tiempo de funcionamiento necesario del compresor para ajustar un nivel de inertización, y por ende también el consumo de energía del dispositivo de inertización. Sin embargo, a este respecto también se debe tener en cuenta que al incrementarse la pureza de nitrógeno en la salida del sistema de separación de gases, también se incrementa forzosamente el factor de aire. Con respecto al tiempo de funcionamiento requerido del compresor para ajustar un nivel de inertización, o en lo referente al consumo de energía del dispositivo de inertización, esta circunstancia tiene un efecto negativo. Esta influencia negativa predomina cuando el aumento del factor de aire condicionado por el aumento de la pureza de nitrógeno se hace notable.

De manera contraria a los sistemas normalmente conocidos en el estado de la técnica, en los que para la pureza de nitrógeno del sistema de separación de gases se selecciona un valor fijo, la presente invención parte de un dispositivo de inertización, en el que para la inertización del espacio cerrado el contenido residual de oxígeno en la mezcla gaseosa provista en la salida del sistema de separación de gases y enriquecida con nitrógeno se adapta al contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado de manera preferentemente automática, o también selectivamente automática, con el fin de ajustar así la pureza de nitrógeno del sistema de separación de gases a un valor óptimo en función del tiempo.

Bajo el término aquí empleado "valor de pureza de nitrógeno optimizado en función del tiempo", se ha de entender la pureza de nitrógeno del sistema de separación de gases o el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa provista en la salida del sistema de separación de gases y enriquecida con nitrógeno, con el que en un dispositivo de inertización definido, en el que el volumen de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno suministrable por unidad de tiempo es constante, la duración del tiempo para el proceso de reducción desde un contenido de oxígeno actual a un contenido de oxígeno especificado y adaptado al nivel de inertización correspondiente adopta un valor mínimo.

Debido a que el volumen de aire ambiental sustraído por unidad de tiempo al ambiente y alimentado a la cámara de mezclado y/o el volumen de aire fresco mezclado con la porción de aire ambiental sustraída por unidad de tiempo se ajusta de tal manera que la diferencia entre la presión existente dentro de la cámara de mezclado y la presión atmosférica exterior no sobrepasa un valor de umbral superior predeterminado o predeterminable y tampoco desciende por debajo de un valor de umbral inferior predeterminado o predeterminable, se asegura que la mezcla gaseosa inicial suministrada en la salida de la cámara de mezclado siempre se provee en un estado definido y óptimamente adaptado al sistema de separación de gases. La solución de acuerdo con la presente invención permite en particular que en el sistema de separación de gases se puedan emplear varios generadores de nitrógeno, los que también pueden estar basados en diferentes tecnologías para la separación de gases. En particular, con la solución de acuerdo con la presente invención se asegura que el respectivo comportamiento de aspiración de los eventualmente varios generadores de nitrógeno empleados no tiene ningún efecto retroactivo para los generadores de nitrógeno. Por lo tanto, también es posible sin problema alguno emplear la solución de acuerdo con la presente invención como dispositivo de extinción de incendios o como sistema de protección preventiva contra incendios para espacios de gran volumen, tales como, por ejemplo, naves de almacén, si allí se emplean varios y eventualmente diferentes generadores de nitrógeno para la separación de los gases, sin que para cada generador de nitrógeno se requiera una tubería de retroalimentación costosa, independiente y regulada desde el espacio protegido hacia el respectivo generador de nitrógeno. De manera correspondiente, el método de retroalimentación adaptado, que se propone en la solución de acuerdo con la presente invención, previene un dispendio incrementado para la realización del dispositivo de inertización de acuerdo con la presente invención.

Mediante la solución provista por la presente invención, en particular también es posible de una manera fácil de realizar, pero aun así muy efectiva, reducir los costes operativos causados por la inertización en espacios de gran volumen, tales como, por ejemplo, naves de almacén.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, está previsto que el valor de umbral superior para la presión diferencial se ubique en 1,0 mbar y preferentemente en 0,5 mbar, mientras que el valor de umbral inferior para la presión diferencial preferentemente se ubica en 0,0 mbar. Mediante el ajuste de la diferencia entre la presión

existente en la cámara de mezclado y la presión atmosférica exterior en este alcance arriba mencionado, se asegura en todo momento que el respectivo comportamiento de aspiración de los generadores de nitrógeno empleados (comportamiento de aspiración constante en un generador de nitrógeno, en el que para la separación de los gases se emplea la tecnología de membrana, o bien un comportamiento de aspiración pulsátil en un generador de nitrógeno, en el que para la separación de los gases se emplea la tecnología de PSA o de VPSA), sin presentar ningún efecto retroactivo para el generador de nitrógeno. Obviamente, sin embargo, también son posibles otros valores para los valores de umbral superior e inferior arriba mencionados.

De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, está previsto que en un primer sistema de tubería, por el que de una manera regulada a través de un dispositivo de mando se extrae una parte del aire ambiental existente en el espacio cerrado y se dirige a la cámara de mezclado, se provea un primer dispositivo de ventilación controlable por medio del dispositivo de mando. Adicionalmente, es ventajoso si en un segundo sistema de tubería, por el que de una manera regulada se alimenta aire fresco a la cámara de mezclado, se provee un segundo dispositivo de ventilación controlable por medio del dispositivo de mando. A este respecto, el dispositivo de mando debería estar diseñado para controlar el primer y/o el segundo dispositivo de ventilación de tal manera que el volumen de aire ambiental extraído al ambiente por unidad de tiempo sea idéntico al volumen de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno que se alimenta por unidad de tiempo a la atmósfera ambiental del espacio cerrado. Mediante la provisión de los dispositivos de ventilación correspondientemente controlables, adicionalmente, de una manera muy fácil de realizar pero aun así muy efectiva, la diferencia entre la presión existente dentro de la cámara de mezclado y la presión atmosférica exterior (con un determinado alcance de regulación) puede mantenerse en un valor previamente especificado o especificable. Por lo tanto, se puede asegurar que la mezcla gaseosa inicial se provea a los generadores de nitrógeno empleados en el sistema de separación de gases en un estado óptimamente adaptado.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, el volumen de aire fresco, que en la cámara de mezclado se añade por unidad de tiempo al aire ambiental extraído del espacio, se selecciona de tal manera que el volumen de aire ambiental extraído del espacio por unidad de tiempo es idéntico al volumen de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno que se dirige por unidad de tiempo a la atmósfera ambiental del espacio cerrado. De esta manera se asegura que por la alimentación de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno a la atmósfera ambiental del espacio cerrado, o por la evacuación/realimentación del aire ambiental fuera del espacio cerrado, no se ajuste ninguna sobrepresión ni tampoco una presión negativa.

Para proveer la mezcla gaseosa inicial, de acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención se provee un tramo de mezclado, en el que preferentemente a través de una pieza en forma de Y desemboca el primer sistema de tubería, por el que de una manera regulada se extrae una parte del aire ambiental existente en el espacio cerrado, así como el segundo sistema de tubería, por el que de una manera regulada se alimenta aire fresco. Este tramo de mezclado o bien se encuentra integrado en la cámara de mezclado o se encuentra conectado de manera antepuesta a la cámara de mezclado. El tramo de mezclado sirve para mezclar el aire ambiental extraído del espacio cerrado con el aire fresco alimentado y, con el fin de asegurar una mezcla óptima, está diseñado de tal manera que en el tramo de mezclado se presenta una corriente turbulenta. Para esto, es posible reducir correspondientemente la sección transversal de corriente efectiva del tramo de mezclado, de tal manera que para el aire fresco introducido en el tramo de mezclado y también para el aire ambiental realimentado e igualmente introducido en el tramo de mezclado se ajuste una velocidad de flujo de la corriente mayor que la velocidad límite característica dependiente del número de Reynolds. De manera alternativa o adicional a esto, también es posible que en el tramo de mezclado se provean elementos tales como alerones, con el fin de inducir una corriente turbulenta en el tramo de mezclado.

En la forma de realización mencionada en último término, en la que para el mezclado turbulento del aire ambiental realimentado con el aire fresco alimentado se provee un tramo de mezclado integrado en la cámara de mezclado o antepuesto a la cámara de mezclado, de acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención está previsto que el tramo de mezclado presente una longitud suficiente como para una mezcla lo más completa y uniforme posible del aire ambiental realimentado con el aire fresco alimentado. A este respecto, de manera particularmente preferente, el tramo de mezclado presenta una longitud que equivale a por lo menos 5 veces el diámetro hidráulico del tramo de mezclado. El diámetro hidráulico es una magnitud teórica para realizar cálculos en tubos o canales con una sección transversal no circular. Con este valor se puede calcular entonces de la misma manera que en un tubo redondo. Se trata del cociente de la sección transversal de corriente cuadruplicada y la circunferencia humectada por el fluido (dado el caso, interior y exterior) de una sección transversal de medición.

De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, está previsto que el sistema de separación de gases presente por lo menos uno y preferentemente una pluralidad de generadores de nitrógeno con respectivamente un compresor asignado y conectado a través de un sistema de tubería con la cámara de mezclado. En cada generador de nitrógeno, por medio del dispositivo de mando se puede ajustar el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa suministrada en la salida del generador de nitrógeno y enriquecida con nitrógeno. Esta forma de realización es apropiada en particular como protección ambiental para un espacio de gran volumen, tal como una nave de almacén.

De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, está previsto que el por lo menos un generador de nitrógeno o, por lo menos uno de la pluralidad de generadores de nitrógeno del sistema de separación de gases esté

diseñado como un generador de adsorción por cambio de presión de vacío, es decir, que funciona de acuerdo con la tecnología de VPSA. En un generador de adsorción por cambio de presión de vacío de este tipo, en este caso se provee adicionalmente un sistema de tubería entre la cámara de mezclado y por lo menos una entrada del generador de adsorción por cambio de presión de vacío. En este sistema de tubería se encuentra conectada una válvula intermedia controlable, que presenta una conexión de mando con el dispositivo de mando. Por lo tanto, mediante el uso del dispositivo de mando se puede establecer una conexión directa controlable entre la cámara de mezclado y la por lo menos una entrada del generador de adsorción por cambio de presión de vacío. En lo relacionado con el procedimiento de acuerdo con la presente invención, está previsto entonces que durante la fase de desorción del generador de adsorción por cambio de presión de vacío y, por ejemplo, algunos segundos antes de que finalice esta fase de desorción conforme a lo programado, por ejemplo, cinco segundos antes del final programado de la fase de desorción, la válvula intermedia dentro del sistema de tubería que conecta la cámara de mezclado y el generador de nitrógeno se cambie de una posición de cierre a una posición de paso, de tal manera que todavía antes de finalizar la fase de desorción del generador de adsorción por cambio de presión de vacío, la cámara de mezclado se conecte directamente con la por lo menos una entrada del generador de adsorción por cambio de presión de vacío.

De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, está previsto que un generador de nitrógeno diseñado como generador de adsorción por cambio de presión de vacío del sistema de separación de gases presente por lo menos una entrada, en el que la por lo menos una entrada se conecta selectivamente a través de un sistema de tubería con el lado de presión de un compresor o con el lado de aspiración de una fuente de vacío.

De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, está previsto que en un generador de nitrógeno del sistema de separación de gases diseñado como generador de adsorción por cambio de presión de vacío con por lo menos una entrada, la por lo menos una entrada del generador de nitrógeno durante una fase de desorción se conecte con el lado de aspiración de la fuente de vacío.

De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, está previsto que en un generador de nitrógeno del sistema de separación de gases configurado como generador de adsorción por cambio de presión de vacío, por lo menos una entrada del generador de nitrógeno se conecte selectivamente a través de un sistema de tubería con la cámara de mezclado.

De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, está previsto que en un generador de nitrógeno del sistema de separación de gases configurado como generador de adsorción por cambio de presión de vacío con por lo menos una entrada, la por lo menos una entrada del generador de nitrógeno, para finalizar una fase de desorción del generador de nitrógeno, se conecte a través del sistema de tubería con la cámara de mezclado.

Debido a que durante la fase de desorción en esta entrada del generador de adsorción por cambio de presión de vacío existe una presión negativa, antes de finalizar la fase de desorción se introduce automáticamente aire enriquecido con nitrógeno desde el recipiente de mezclado en esta entrada del generador de adsorción por cambio de presión de vacío, que conduce, por ejemplo, a un lecho de adsorción que contiene carbono granulado (CMS). De esta manera, por lo tanto, se produce un aumento de presión pasivo en un lecho de adsorción de este tipo (recipiente de CMS), de tal manera que la fase de adsorción de este generador de adsorción por cambio de presión puede terminarse pasivamente sin requerir un gasto energético adicional, lo que comparado con las soluciones convencionales ahorra tiempo y energía. Adicionalmente, cuando está previsto un posterior procedimiento de conmutación del generador de adsorción por cambio de presión a un funcionamiento de adsorción posterior, mediante un aumento de presión pasivo de este tipo en el lecho de adsorción (recipiente de CMS) es posible un procedimiento de conmutación de este tipo del generador de adsorción por cambio de presión al funcionamiento de adsorción sin la carga de compresor normalmente requerida, con el fin de volver a generar una presión en la zona del lecho de adsorción para el posterior funcionamiento de adsorción que esté más próximo a la sobrepresión que deberá acumularse posteriormente durante la fase de adsorción. De esto resulta que el compresor asignado al generador de adsorción por cambio de presión de vacío puede volver a llevar el lecho de tamiz molecular a la presión de servicio en un tiempo más corto, de lo que a su vez resulta una generación de nitrógeno más rápida en la salida del generador de adsorción por cambio de presión de vacío. Adicionalmente, debido a que el aire ya enriquecido con nitrógeno fluye fuera de la cámara de mezclado en dirección al lecho de tamiz molecular, durante la fase de adsorción posterior el nivel de oxígeno se ubica en un nivel más bajo desde el comienzo. Mediante un diseño correspondiente de la cámara de mezclado, por ejemplo, en forma de un tubo de mezclado largo, se logran a su vez las ventajosas propiedades de compensación de las variaciones de presión, de tal manera que tampoco un procedimiento de compensación de presión de este tipo, que termina prematuramente la fase de desorción del generador de adsorción por cambio de presión de vacío, no tiene efectos retroactivos sobre, por ejemplo, otros generadores de nitrógeno que forman parte de la mencionada pluralidad de generadores de nitrógeno. En otras palabras, continúa estando asegurado un funcionamiento libre de efectos retroactivos de todos los generadores de nitrógeno empleados.

En lo referente a la cámara de mezclado empleada en la solución de acuerdo con la presente invención, conforme a un aspecto adicional de la presente invención está previsto que esta cámara de mezclado presente un volumen que depende del número de generadores de nitrógeno empleados en el dispositivo de inertización y/o del principio en el que se basa el modo de funcionamiento del por lo menos un generador de nitrógeno. En particular, en lo referente a

su volumen, la cámara de mezclado se ha de seleccionar de tal manera que el respectivo comportamiento de aspiración de los generadores de nitrógeno empleados no tenga efectos retroactivos para ninguno de los generadores de nitrógeno.

5 De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, a este respecto, la cámara de mezclado está diseñada adicionalmente de tal manera, que la velocidad de flujo máxima posible dentro de la cámara de mezclado en promedio es menor de 0,1 m/s. Esto se logra mediante una selección apropiada de la sección transversal hidráulica de la cámara de mezclado.

10 De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, está previsto que el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno o, respectivamente, la pureza de nitrógeno del sistema de separación de gases, preferentemente se ajusta de manera automática de acuerdo con una curva característica previamente determinada.

15 De acuerdo con otro aspecto adicional de la presente invención, está previsto que una curva característica de este tipo indique el desarrollo optimizado en función del tiempo del contenido residual de oxígeno en la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno frente al contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado, de acuerdo con el que en el procedimiento de inertización en un tiempo tan breve como sea posible se puede ajustar en la atmósfera ambiental del espacio cerrado un contenido de oxígeno predeterminable y reducido en comparación con el aire ambiental normal.

20 A este respecto, bajo la expresión "desarrollo optimizado en función del tiempo del contenido residual de oxígeno", se han de entender los valores residuales de oxígeno optimizados en función del tiempo que dependen del contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado. Según se ha insinuado previamente, el valor optimizado en función del tiempo del contenido residual de oxígeno corresponde al valor del contenido residual de oxígeno que se debe seleccionar en el sistema de separación de gases, para que mediante el procedimiento de inertización en la atmósfera ambiental del espacio cerrado se puede ajustar en el menor tiempo posible un contenido de oxígeno predeterminable y reducido en comparación con el aire ambiental normal.

25 La curva característica, conforme a la que el contenido residual de oxígeno se ajusta dependiendo del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado, se ha determinado (medido o calculado) previamente para el sistema de separación de gases o el dispositivo de inertización, respectivamente.

30 Debido a que de acuerdo con un aspecto de la solución conforme a la presente invención la pureza de nitrógeno del sistema de separación de gases o, respectivamente, el contenido residual de oxígeno en la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno se ajusta de manera dependiente del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado, y que es de acuerdo con otro aspecto de la solución conforme a la presente invención la pureza de nitrógeno del sistema de separación de gases o, respectivamente, el contenido residual de oxígeno en la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno se ajusta de manera automáticamente dependiente del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado, para así poder realizar una inertización del espacio al menor coste operativo posible, está previsto de acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención que de manera continua, o a intervalos y/o en eventos predeterminados se mida directa o indirectamente el contenido de oxígeno actual en la atmósfera ambiental del espacio cerrado. Adicionalmente, de acuerdo con otro aspecto de la presente invención, está previsto que de manera continua, o a intervalos y/o en eventos predeterminados se ajuste el contenido residual de oxígeno en la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno a un valor optimizado en función del tiempo, previamente determinado. Este valor previamente predeterminado y optimizado en función del tiempo debería corresponder a un contenido residual de oxígeno, con el que en el procedimiento de inertización el contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado se puede reducir en el menor tiempo posible por un valor de reducción predeterminado al contenido de oxígeno respectivamente actual.

45 De acuerdo con otro aspecto adicional de la solución conforme a la presente invención, está previsto que no solo la pureza de nitrógeno del sistema de separación de gases se modifique en función del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado, sino que también se modifique el contenido de oxígeno en la mezcla gaseosa inicial en función del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado. A este respecto, se aprovecha el conocimiento de que el factor de aire del sistema de separación de gases se puede reducir, si la mezcla gaseosa inicial, con la que se alimenta el sistema de separación de gases, presenta un contenido de oxígeno reducido.

55 Por lo tanto, de acuerdo con un aspecto de la presente invención está previsto que para proveer la mezcla gaseosa inicial, una parte del aire ambiental contenido en el espacio cerrado se extraiga de manera regulada del ambiente, y que a la parte extraída del aire ambiental se alimente de manera regulada aire fresco. A este respecto, con el fin de prevenir que se modifique la presión en el interior del espacio cerrado debido a la alimentación de gas enriquecido con nitrógeno o por la extracción de una parte del aire ambiental, el volumen de aire fresco que se añade al aire ambiental extraído del espacio se selecciona de tal manera que el volumen de aire ambiental extraído del espacio por unidad de tiempo es idéntico al volumen de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno que se suministra en la salida del sistema de separación de gases y se conduce a la atmósfera ambiental del espacio cerrado por unidad de

tiempo.

A continuación se describen formas de realización ejemplares del dispositivo de inertización de acuerdo con la presente invención en base a los dibujos adjuntos.

En las figuras:

5 La Fig. 1 muestra una vista esquemática de un dispositivo de inertización de acuerdo con una primera forma de realización de la presente invención.

La Fig. 2 muestra una vista esquemática de un dispositivo de inertización de acuerdo con una segunda forma de realización de la presente invención.

10 La Fig. 3 muestra una vista esquemática de un dispositivo de inertización de acuerdo con una tercera forma de realización de la presente invención.

La Fig. 4 muestra una vista esquemática de un dispositivo de inertización de acuerdo con una cuarta forma de realización de la presente invención.

15 La Fig. 5 muestra una representación gráfica del factor de aire frente a la pureza de nitrógeno en el dispositivo de inertización de acuerdo con la Fig. 1, la Fig. 2, la Fig. 3 o la Fig. 4, así como una representación gráfica del tiempo de reducción frente a la pureza de nitrógeno, específicamente durante la reducción del contenido de oxígeno de originalmente 17,4% en volumen a 17,0% en volumen, así como en una reducción del contenido de oxígeno de un valor original de 13,4% en volumen a un valor de 13,0% en volumen.

20 La Fig. 6 muestra una representación gráfica de la pureza de nitrógeno optimizada en función del tiempo frente al contenido de oxígeno actual en la atmósfera ambiental del espacio cerrado en el dispositivo de inertización de acuerdo con la Fig. 1, la Fig. 2, la Fig. 3 o la Fig. 4.

25 La Fig. 7 muestra una representación gráfica del factor de aire del sistema de separación de gases en el dispositivo de inertización de acuerdo con la Fig. 1, la Fig. 2, la Fig. 3 o la Fig. 4 frente al contenido de oxígeno de la mezcla gaseosa inicial que se dirige al sistema de separación de gases, con el fin de separar por lo menos una parte del oxígeno de la mezcla gaseosa inicial y de esa manera suministrar una mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno en la salida del sistema de separación de gases.

La Fig. 8 muestra una representación gráfica del ahorro de energía que se puede lograr, cuando a través de la solución de acuerdo con la presente invención se reduce el contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado.

30 La Fig. 9 muestra una vista esquemática de un dispositivo de inertización de acuerdo con una quinta forma de realización de la presente invención.

La Fig. 10 muestra una vista esquemática de un dispositivo de inertización de acuerdo con una sexta forma de realización de la presente invención.

35 La Fig. 1 muestra una representación esquemática de una primera forma de realización ejemplar de un dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención. El dispositivo de inertización 1 representado sirve para ajustar y mantener un nivel de inertización predeterminable en la atmósfera ambiental de un espacio cerrado 2. El espacio cerrado 2 puede ser, por ejemplo, una nave de almacenamiento, en la que como medida preventiva de protección contra incendio el contenido de oxígeno en el aire ambiental se reduce y se mantiene en un determinado nivel de inertización de, por ejemplo, 12% en volumen o 13% en volumen.

40 La inertización del espacio cerrado 2 a través de un dispositivo de mando 5 se efectúa opcionalmente de manera automática. Para esto, el dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la forma de realización representada en la Fig. 1 presenta un sistema de separación de gases formado por un compresor 3.1, así como un generador de nitrógeno 4.1. El compresor 3.1 sirve para suministrar una mezcla gaseosa inicial comprimida al generador de nitrógeno 4.1, que presenta por lo menos los componentes oxígeno y nitrógeno. Para esto, la salida del compresor 3.1 está conectada por medio de un sistema de tubería 17.1 con la entrada del generador de nitrógeno 4.1, para abastecer el generador de nitrógeno 4.1 con la mezcla gaseosa inicial comprimida. Es posible que en la salida del compresor 3.1, la mezcla gaseosa inicial esté comprimida a una presión de, por ejemplo, 7,5 a 9,5 bares y preferentemente a 8,8 bares.

45 El generador de nitrógeno 4.1 presenta por lo menos un módulo de membrana 19, por ejemplo, un módulo de membrana de fibra hueca, a través del que se empuja la mezcla gaseosa inicial suministrada por el compresor 3.1, después de que la misma haya pasado a través de un filtro 18 apropiado. En el módulo de membrana 19 se difunden los distintos componentes contenidos en la mezcla gaseosa inicial (en particular oxígeno y nitrógeno) de manera correspondiente a su estructura molecular de forma diferentemente rápida a través de la membrana de fibra hueca del módulo de membrana 19. A este respecto, la separación de gases se basa en el principio de acción en sí conocido, según el que el nitrógeno con un reducido grado de difusión atraviesa solo lentamente la membrana de

fibra hueca y de esta manera se enriquece al fluir a través de las fibras huecas del módulo de membrana 19. En la salida 4a.1 del generador de nitrógeno 4.1 se provee así una mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno. Esta mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno, al igual que también la mezcla gaseosa inicial alimentada en la entrada del generador de nitrógeno 4.1, se encuentra en forma comprimida, aunque el flujo a través del por lo menos un módulo de membrana 19 del generador de nitrógeno 4.1 resulta en una pérdida de presión de, por ejemplo, 1,5 a 2,5 bares.

Aunque no se representa de manera explícita en la Fig. 1, la mezcla gaseosa separada en el generador de nitrógeno 4.1 y enriquecida con oxígeno se recoge y se evacúa bajo presión atmosférica al medio ambiente circundante.

La mezcla gaseosa suministrada en la salida 4a.1 del generador de nitrógeno 4.1 y enriquecida con nitrógeno se dirige a través de una tubería de alimentación 7.1 al espacio cerrado 2, con el fin de reducir el contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2 o, respectivamente, para mantener un nivel de reducción ya ajustado en el espacio 2 mediante el refuerzo con haz enriquecido con nitrógeno.

Para que la presión en el interior del espacio cerrado 2 durante la alimentación de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno no se modifique, se puede proveer un alivio de presión apropiado. Éste puede estar realizado, por ejemplo, en forma de válvulas de alivio de presión de apertura y cierre automático (no representadas en la Fig. 1). Por otra parte, sin embargo, también es posible que durante la inertización del espacio 2, el volumen de aire ambiental que debe evacuarse para aliviar la presión se dirija a través de un sistema de tubería de realimentación 9 a una cámara de mezclado 6.

El aire evacuado del espacio cerrado 2 se dirige a través de una primera entrada 9a de la tubería de realimentación 9 a la cámara de mezclado 6. La cámara de mezclado 6 presenta adicionalmente una segunda entrada 8a, en la que desemboca un sistema de tubería de alimentación 8 para alimentar aire fresco a la cámara de mezclado 6. En la cámara de mezclado 6 se provee la mezcla gaseosa inicial, que se comprime por medio del compresor 3.1, y del que en el sistema de separación de gases (generador de nitrógeno 4.1) se separa por lo menos una parte del oxígeno. Por esta razón, la salida de la cámara de mezclado 6 está conectada con la entrada del compresor 3.1 a través de un sistema de tubería 15.1 apropiado.

En particular, en el sistema de tubería de realimentación 9 se provee una primera instalación de ventilación 11 controlable por medio del dispositivo de mando 5, mientras que en el sistema de alimentación de aire fresco 8 se provee un segundo dispositivo de ventilación 10 que también puede controlarse por medio del dispositivo de mando 5. De esta manera, por medio de un control apropiado de los respectivos dispositivos de ventilación 10, 11, se puede asegurar que el volumen de aire fresco que se mezcla con el aire ambiental extraído del espacio 2, se selecciona de tal manera que el volumen de aire ambiental extraído por unidad de tiempo del espacio 2 es idéntico al volumen de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno y provista en la salida 4a.1 del generador de nitrógeno 4.1, que se dirige por unidad de tiempo a la atmósfera espacial del espacio cerrado 2.

El dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la forma de realización de la presente invención representada en la Fig. 1, se caracteriza porque el dispositivo de mando 5 previamente mencionado está conectado con los componentes controlables correspondientes del dispositivo de inertización 1 y está diseñado para controlar automáticamente el generador de nitrógeno 4.1 o el sistema de separación de gases, respectivamente, de tal manera que la mezcla gaseosa suministrada en la salida 4a.1 del sistema de separación de gases y enriquecida con nitrógeno presenta un contenido residual de oxígeno que depende del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2. En particular, en la realización preferente representada del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención, el generador de nitrógeno 4.1 se controla de tal manera con el dispositivo de mando 5 que dependiendo del contenido de oxígeno medido a través de un sistema de medición de oxígeno 16 en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2, la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno presenta un contenido residual de oxígeno de entre 10,00% en volumen a 0,01% en volumen, y el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno disminuye a medida que se reduce el contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2.

Para esto, el dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención, además del sistema de medición de oxígeno 16 arriba mencionado para medir o determinar el contenido de oxígeno actual en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2, presenta también un sistema de medición del contenido residual de oxígeno 21 para medir el contenido residual de oxígeno en la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno y provista en la salida 4a.1 del generador de nitrógeno 4.1, o bien para determinar la pureza de nitrógeno de la mezcla gaseosa provista en la salida 4a.1 del generador de nitrógeno 4.1, respectivamente. Ambos sistemas de medición 16, 21 están conectados correspondientemente con el dispositivo de mando 5.

En la Fig. 2 se muestra en una vista esquemática un dispositivo de inertización 1 de acuerdo con una segunda forma de realización de la presente invención. El dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la segunda forma de realización resulta apropiado en particular para ajustar y mantener de la manera más económica posible en un ambiente climatizado, por ejemplo, en una cámara de refrigeración o en una nave de almacén frigorífico, un nivel de inertización previamente especificado. La construcción y el modo de funcionamiento del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la forma de realización representada en la Fig. 2 corresponde sustancialmente a la construcción y el

modo de funcionamiento del dispositivo de inertización arriba descrito con referencia a la Fig. 1, de tal manera que para evitar repeticiones, en la siguiente descripción solo se discutirán las diferencias.

Como se ha representado en la Fig. 2, para una inertización tan económica como sea posible de un espacio climatizado 2, es preferente si en el sistema de tubería de realimentación 9 entre el espacio 2 y la cámara de mezclado 6 se provee un sistema intercambiador de calor 13. Adicionalmente, es ventajoso si – según se insinúa en la Fig. 2 – el sistema de tubería de realimentación 9 puede ser encamisado por lo menos parcialmente con un aislamiento térmico 20 correspondiente, con el fin de prevenir el congelamiento del sistema de tubería de realimentación 9, cuando el aire ambiental refrigerado que se evacúa del espacio cerrado 2 se dirige a través del sistema de tubería de realimentación 9 al sistema intercambiador de calor 13, antes de que el aire ambiental se dirija entonces a la cámara de mezclado 6. El sistema intercambiador de calor 13, en caso de ser necesario puede presentar un ventilador de apoyo 14, para que el aire ambiental pueda evacuarse sin pérdida de presión fuera de la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2.

El sistema intercambiador de calor 13 sirve para aprovechar por lo menos una parte del calor generado durante el funcionamiento del compresor 3.1, con el fin de calentar correspondientemente el aire ambiental evacuado y refrigerado. Para el sistema intercambiador de calor 13 se pueden emplear diferentes sistemas, tales como, por ejemplo, un intercambiador térmico laminar, por el que por lo menos una parte de la energía térmica del aire de escape del compresor 3.1 se transfiere a través de un medio intercambiador de calor, por ejemplo, agua, al aire ambiental evacuado, de tal manera que la temperatura del aire ambiental evacuado se caliente a una temperatura moderada de, por ejemplo, 20 °C, lo que representa una ventaja para el modo de funcionamiento y el rendimiento del generador de nitrógeno 4.1.

Después de que el aire ambiental evacuado del espacio cerrado 2 ha pasado por el sistema intercambiador de calor 13, éste se dirige a través de una primera entrada 9a de la tubería de realimentación 9 hacia la cámara de mezclado 6. La cámara de mezclado 6 presenta además una segunda entrada 8a, en la que desemboca un sistema de tubería de alimentación 8 para alimentar aire fresco a la cámara de mezclado 6. En la cámara de mezclado 6 se provee la mezcla gaseosa inicial, que se comprime por medio del compresor 3.1 y de la que en el sistema de separación de gases (generador de nitrógeno 4.1) se separa por lo menos una parte del oxígeno. Por esta razón, la salida de la cámara de mezclado 6 está conectada con la entrada del compresor 3.1 mediante un sistema de tubería 15.1 apropiado.

En la Fig. 3 se muestra en una vista esquemática un dispositivo de inertización 1 de acuerdo con una tercera forma de realización de la presente invención. La construcción y el modo de funcionamiento del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la forma de realización representada en la Fig. 3 corresponde sustancialmente a la construcción y el modo de funcionamiento del dispositivo de inertización previamente descrito con referencia a la Fig. 1, por lo que para evitar repeticiones a continuación solo se discutirán las diferencias.

Según se representa en la Fig. 3, en la forma de realización allí representada la cámara de mezclado está realizada como filtro 6'. La cámara de mezclado realizada en forma de un filtro 6', por lo tanto, cumple dos funciones: Por una parte, sirve para proveer la mezcla gaseosa inicial, específicamente mediante la mezcla del aire fresco suministrado a través del sistema de tubería de alimentación de aire fresco con el aire ambiental extraído del espacio 2 y realimentado a través del sistema de tubería de realimentación 9. Por otra parte, la Cámara de mezclado realizada como filtro 6' sirve para filtrar la mezcla gaseosa inicial provista, antes de que la misma sea comprimida por medio del compresor 3.1. Por lo tanto, se puede prescindir de un filtro adicional en la entrada del compresor 3.1.

Con referencia a la representación en la Fig. 4, a continuación se describe una cuarta forma de realización ejemplar del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención.

La construcción y el modo de funcionamiento del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la cuarta forma de realización son sustancialmente idénticos a la forma de realización previamente descrita con referencia a la representación en la Fig. 1, aunque en la forma de representación de acuerdo con la Fig. 4 se emplean varios generadores de nitrógeno conectados en paralelo 4.1, 4.2, 4.3. A cada generador de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 se asigna un compresor 3.1, 3.2, 3.3 que se encuentra conectado a través de un sistema de tubería 15.1, 15.2, 15.3 con la cámara de mezclado 6, con el fin de aspirar de la cámara de mezclado 6 la mezcla gaseosa inicial requerida por el respectivo generador de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 y comprimirla al valor de presión requerido para el funcionamiento óptimo del correspondiente generador de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3. Cada generador de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 empleado en el dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la forma de realización representada en la Fig. 4 está conectado por medio de una tubería de alimentación correspondiente 7.1, 7.2, 7.3 con el espacio cerrado 2. Por lo tanto, en la forma de realización representada en la Fig. 4, el sistema de separación de gases está formado por los componentes “generador de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3” y el “compresor 3.1, 3.2, 3.3” asignado.

Al igual que en las formas de realización de la solución de acuerdo con la presente invención, descritas previamente con referencia a las representaciones en las figuras 1 a 3, también en el ejemplo de realización de acuerdo con la Fig. 4 se emplea una tubería de realimentación 9. Como se representa, en la tubería de realimentación 9 se provee un primer dispositivo de ventilación 11 que puede ser controlado de manera correspondiente por el dispositivo de mando 5, para extraer de manera regulada una parte del aire ambiental del espacio cerrado 2 y dirigirla a la cámara

de mezclado 6. Adicionalmente, en la forma de realización representada en la Fig. 4 se provee una tubería de alimentación de aire fresco 8, para suministrar de manera regulada aire fresco desde una zona exterior 25 a la cámara de mezclado 6. Con este fin, en la tubería de alimentación de aire fresco 8 se provee un segundo dispositivo de ventilación 10 controlable mediante el dispositivo de mando 5.

5 Al igual que en los ejemplos de realización previamente descritos del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención, en la forma de realización representada en la Fig. 4 se provee una cámara de mezclado 6, para suministrar una mezcla gaseosa inicial, que presenta oxígeno, nitrógeno y, dado el caso, otros componentes. La mezcla gaseosa inicial provista en la cámara de mezclado 6 se dirige a través de sistemas de tubería correspondientes 15.1, 15.2, 15.3 a los respectivos compresores 3.1, 3.2, 3.3 del sistema de separación de gases.

10 Para que la mezcla gaseosa inicial provista por la cámara de mezclado 6 se encuentre en un estado óptimo en lo referente a los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 respectivamente empleados, en la forma de realización representada en la Fig. 4 del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención se provee un tramo de mezclado 12 integrado en la cámara de mezclado 6. Este tramo de mezclado 12 no necesariamente tiene que estar integrado en la cámara de mezclado 6, sino que también puede estar conectado antes de la cámara de  
15 mezclado 6.

En particular, en la forma de representación mostrada en la Fig. 4, la tubería de realimentación 9, por una parte, y la tubería de alimentación de aire fresco 8, por otra parte, desembocan en este tramo de mezclado 12. Aunque no se representa de manera explícita en la Fig. 4, es preferente si para esto el extremo 9a de la tubería de realimentación 9 y el extremo 8a de la tubería de alimentación de aire fresco 8 desembocan en el tramo de mezclado 12 a través de  
20 una pieza en forma de Y preferentemente en la zona del extremo ubicado corriente arriba del tramo de mezclado 12.

El tramo de mezclado 12 sirve para mezclar de manera óptima el aire fresco suministrado a través de la tubería de alimentación 8 con el aire ambiental suministrado a través de la tubería de realimentación 9. Con este fin, es preferente si el tramo de mezclado 12 se dimensiona de tal manera que en el interior del tramo de mezclado 12 se forme una corriente turbulenta. Esto se puede lograr, por ejemplo, si la sección transversal de corriente efectiva del  
25 tramo de mezclado 12 se reduce de tal manera que en el tramo de mezclado 12 se presenta una velocidad de flujo mayor que la velocidad límite característica para la formación de una corriente turbulenta y dependiente del número de Reynolds correspondiente. De manera alternativa o adicional a esto, es igualmente posible proveer elementos de aleta apropiados dentro del tramo de mezclado 12, para inducir una corriente turbulenta en el tramo de mezclado 12.

Como se puede ver en la representación esquemática de la Fig. 4, el tramo de mezclado 12 presenta una longitud suficiente para lograr una mezcla óptima del aire fresco y del aire ambiental que se suministran en la zona de extremo ubicada corriente arriba hasta la zona de extremo ubicada corriente abajo del tramo de mezclado. En los ensayos experimentales, se ha demostrado que es ventajoso si el tramo de mezclado 12 presenta una longitud equivalente a por lo menos 5 veces la sección transversal de corriente efectiva del tramo de mezclado 12.

En la zona de extremo ubicada corriente abajo del tramo de mezclado 12, el aire ambiental realimentado desde el espacio cerrado 2 a través de la tubería de realimentación 9 y mezclado de manera óptima con el aire fresco suministrado se dirige a la cámara de mezclado 6. A diferencia del tramo de mezclado 12, la cámara de mezclado 6 presenta una sección transversal de corriente efectiva sustancialmente aumentada, con el fin de poder lograr un apaciguamiento de la corriente. En particular, es necesario que la mezcla gaseosa inicial provista finalmente en la cámara de mezclado 6 siempre presente un estado óptimo para el uso en los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3  
40 empleados. Esto significa en particular que la diferencia entre la presión existente en la cámara de mezclado 6 y la presión atmosférica exterior no sobrepase un valor de umbral superior predeterminado o predeterminable y que tampoco descienda por debajo de un valor de umbral inferior predeterminado o predeterminable. Adicionalmente, la velocidad de flujo máxima que se puede presentar en la cámara de mezclado 6, en promedio debería ser menor de 0,1 m/s.

45 Para poder cumplir estos requisitos que se han de observar en lo referente a la mezcla gaseosa inicial, en la forma de realización del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención que se representa en la Fig. 4, en el interior de la cámara de mezclado 6 se provee un sensor de presión 26. Con este sensor de presión 26 se mide de manera continua o en tiempos o eventos predeterminados la presión existente en el interior de la cámara de mezclado 6 y se transmite al dispositivo de mando 5. El dispositivo de mando 5 compara el valor de presión medido  
50 en la cámara de mezclado 6 con el valor de presión de la atmósfera exterior y en función de la comparación de estos dos valores de presión controla el primer y/o el segundo dispositivo de ventilación 11, 10 de manera correspondiente, con el fin de lograr que la diferencia entre la presión existente en la cámara de mezclado 6 y la presión atmosférica exterior no sobrepase el valor de umbral superior predeterminado o predeterminable y tampoco descienda por debajo del valor de umbral inferior predeterminado o predeterminable. Por razones de integridad,  
55 cabe señalar que en la zona exterior 25 se provee un sensor de presión 27 correspondiente, para detectar la presión en la zona exterior 25 de manera continua o en tiempos o eventos predeterminados y transmitir los valores detectados al dispositivo de mando 5. Alternativamente, el sensor de presión 26 también podría ser un sensor de presión diferencial.

En la forma de representación del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención que se

representa en la Fig. 4, el dispositivo de mando 5 está diseñado para controlar el primer dispositivo de ventilación 11 y/o el segundo dispositivo de ventilación 10 de tal manera que la diferencia entre la presión existente en la cámara de mezclado 6 y la presión atmosférica exterior sea como máximo de 0,1 mbar y preferentemente como máximo de 0,5 mbar.

5 Como se puede ver en la representación mostrada en la Fig. 4, para la separación de los gases en total se emplean tres generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3. A este respecto, es posible que los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 se basen parcialmente o respectivamente en una técnica de separación de gases diferente. Así, por ejemplo, es posible que el primer generador de nitrógeno 4.1 use una membrana de separación para separar los gases. En ese caso se debe adaptar el compresor 3.1 asignado al primer generador de nitrógeno 4.1 de manera correspondiente a la presión que se va a aplicar en la entrada del generador de nitrógeno 4.1 (por ejemplo, 13 bares). En el segundo generador de nitrógeno 4.2, para la separación de los gases se puede emplear, por ejemplo, la técnica de PSA. En este caso, el compresor 3.2 asignado debe estar diseñado de manera correspondiente y debe suministrar, por ejemplo, una presión de salida de 8 bares. El otro generador de nitrógeno adicional 4.3 que se emplea en el ejemplo de realización de acuerdo con la Fig. 4, puede ser, por ejemplo, un generador de nitrógeno basado en la técnica de VPSA. En este caso, el compresor 3.3 asignado debe estar diseñado de tal manera que el mismo suministre una baja presión en su salida.

Por lo tanto, en el ejemplo de realización representado en la Fig. 4, como sistema de separación de gases se emplea una combinación de diferentes generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3, y los compresores 3.1, 3.2, 3.3 asignados a los respectivos generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 están adaptados al respectivo modo de funcionamiento del generador de nitrógeno.

Para poder asegurar un funcionamiento óptimo del sistema de separación de gases, la cámara de mezclado 6 debe estar realizada con un tamaño suficiente para que durante el funcionamiento de los diferentes compresores 3.1, 3.2, 3.3 no se presenten variaciones de presión inadmisibles y, en particular, que no puedan producirse efectos retroactivos sobre los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 empleados. Según se ha insinuado previamente, el valor máximo de variaciones de presión admisibles preferentemente se ubica en 1,0 mbar, y más preferentemente en 0,5 mbar.

Aunque en la Fig. 4 no se representa explícitamente, es preferente si los respectivos sistemas de tubería 15.1, 15.2, 15.3, que conectan los respectivos compresores 3.1, 3.2, 3.3 con la cámara de mezclado 6, desembocan en la cámara de mezclado 6 a través de aberturas de aspiración die mencionadas de manera apropiada, para poder prevenir que se produzca una influencia dinámica directa en las corrientes de aspiración. Asimismo, las aberturas de aspiración deberían posicionarse de manera correspondientemente distanciada entre sí.

El uso de la cámara de mezclado 6 especial o del tramo de mezclado 12 previamente descritos, no se limita a la forma de realización del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención que se representa en la Fig. 4. Más bien, es perfectamente factible que la cámara de mezclado 6 o el tramo de mezclado 12 mostrados en la Fig. 4 también se empleen en las formas de realización representadas en las figuras 1 a 3, con el fin de optimizar los modos de funcionamiento de los dispositivos de inertización 1.

Al igual que en las formas de realización previamente descritas del dispositivo de inertización de acuerdo con la presente invención, en el dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la representación mostrada en la Fig. 4 está previsto que el contenido de oxígeno de la mezcla gaseosa inicial provista en la cámara de mezclado 6 se mida de manera continua o en tiempos o eventos predeterminados y el valor medido se transmita al dispositivo de mando 5. Para esto es ventajoso, si en la zona de extremo ubicada corriente abajo del tramo de mezclado 12 se dispone un sensor de oxígeno 22 apropiado.

Adicionalmente, es ventajoso proveer un sistema de medición de oxígeno en la tubería de realimentación 9. En lugar de un sistema de medición de oxígeno en la tubería de realimentación 9, sin embargo, también se puede detectar el contenido de oxígeno en el aire ambiental del espacio cerrado 2. En la forma de realización representada en la Fig. 4, para esto se emplea un sistema de medición de oxígeno 16 correspondiente, dispuesto en el espacio 2.

En la forma de realización representada en la Fig. 4, en la que para la separación de los gases se emplean varios generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3, es preferente si se detectan los respectivos flujos volumétricos de las corrientes de gas dirigidas desde las respectivas salidas 4a.1, 4a.2, 4a.3 de los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 al espacio cerrado 2. Según se representa, en la forma de realización mostrada en la Fig. 4 se emplean sensores 28.1, 28.2, 28.3 apropiados para esto.

Adicionalmente, es ventajoso medir el flujo volumétrico de la realimentación 9 mediante el uso de un sensor de caudal 29, así como el flujo volumétrico del suministro de aire fresco 8 mediante el uso de un sensor de caudal 30 y, dado el caso, los flujos volumétricos de las mezclas gaseosas iniciales dirigidas hacia los distintos compresores 3.1, 3.2, 3.3. Todos los valores de medición se transmiten al dispositivo de mando 5. Éste controla los correspondientes componentes controlables del dispositivo de inertización 1 de manera apropiada, para mantener la diferencia de presión entre la cámara de mezclado 6 y la zona exterior 25 dentro del alcance de regulación admisible.

Adicionalmente, en la forma de realización representada en la Fig. 4 está previsto que por medio del dispositivo de

mando 5 se puede ajustar el contenido residual de oxígeno en cada generador de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3.

En una realización preferente del dispositivo de inertización 1 representado esquemáticamente en la Fig. 4, se emplean de manera paralela de 10 a 11 generadores de nitrógeno de VPSA, así como de 2 a 4 generadores de nitrógeno de membrana, y la cámara de mezclado presenta una superficie de 10 m x 4,3 m.

5 Como se describe detalladamente a continuación con referencia a las representaciones gráficas de acuerdo con las figuras 5 a 7, mediante el ajuste apropiado de la pureza de nitrógeno del generador de nitrógeno o de los generadores de nitrógeno empleados 4.1, 4.2, 4.3, o bien mediante el ajuste apropiado del contenido residual de oxígeno en la mezcla gaseosa provista en la respectiva salida 4a.1, 4a.2, 4a.3 del sistema de separación de gases y enriquecida con nitrógeno, se puede ajustar un nivel de reducción especificado de una manera optimizada en función del tiempo en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2. Por lo tanto, en la solución de acuerdo con la presente invención está previsto que la pureza de nitrógeno de los respectivos generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 empleados se ajuste y se adapte en función del contenido de oxígeno actual existente en la atmósfera espacial del espacio cerrado 2.

15 La pureza de nitrógeno se puede modificar, si se varía el tiempo de permanencia de la mezcla gaseosa inicial en el por lo menos un módulo de membrana 19 del o de los respectivos generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 empleados. Para esto es posible, por ejemplo, que en la salida del módulo de membrana 19, mediante el uso de una válvula de regulación 24 apropiada, se controle el flujo a través del módulo de membrana 19, así como una contrapresión. Una presión elevada sobre la membrana y un tiempo de permanencia prolongado (flujo reducido) resultan en una alta pureza de nitrógeno en la correspondiente salida 4a.1, 4a.2, 4a.3 del respectivo generador de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 empleado.

20 Preferentemente, para la respectiva pureza de nitrógeno se selecciona un valor optimizado en función del tiempo, que haga posible alcanzar y mantener en el menor tiempo posible un nivel de inertización previamente definido en el espacio cerrado 2 por medio del dispositivo de inertización. Mediante el uso de valores optimizados en función del tiempo correspondientes para la pureza de nitrógeno, en el ajuste y el mantenimiento de un nivel de inertización especificado en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2 es posible disminuir la duración del tiempo del proceso de reducción (bien sea para la regulación de mantenimiento con un contenido residual de oxígeno fijo o durante la reducción a un nuevo nivel de reducción) y, por lo tanto, reducir el consumo de energía del dispositivo de inertización, ya que el compresor 3.1, 3.2 o 3.3 en su punto de servicio se opera de manera digital (encendido/apagado) con un grado de rendimiento óptimo.

25 Adicionalmente, el dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la forma de realización representada en la Fig. 1, la Fig. 2, la Fig. 3 o la Fig. 4 se caracteriza porque al sistema de separación de gases formado por el compresor 3.1 y el generador de nitrógeno 4.1, o al sistema de separación de gases formado por los compresores 3.1, 3.2, 3.3 y los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3, se suministra una mezcla gaseosa inicial desde la cámara de mezclado 6, que presenta un contenido de oxígeno que puede ser menor que el contenido de oxígeno del aire ambiental normal (es decir, aproximadamente 21% en volumen). En particular, para esto está prevista la tubería de realimentación 9 previamente mencionada, con la que por lo menos una parte del aire ambiental del espacio cerrado 2 se puede suministrar a la cámara de mezclado 6 de una manera regulada por el dispositivo de mando 5 a través de la válvula 11. Por lo tanto, si en el espacio cerrado 2 el contenido de oxígeno ya se encuentra reducido, a través de la tubería de realimentación 9 se suministra una mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno en comparación con el aire ambiental normal. Esta parte del aire ambiental se mezcla en la cámara de mezclado 6 con aire adicional, con el fin de proveer el volumen requerido de la mezcla gaseosa inicial para el compresor 3.1 y el generador de nitrógeno 4.1, o para los compresores 3.1, 3.2, 3.3 y los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3, respectivamente. Debido a que el contenido de oxígeno de la mezcla gaseosa inicial ejerce una influencia sobre el factor de aire del sistema de separación de gases o de los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 empleados, y por ende también tiene un efecto sobre el valor optimizado en función del tiempo de la pureza de nitrógeno de los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 empleados, en la forma de realización del dispositivo de inertización 1 que se representa en la Fig. 1, en el sistema de tubería 15.1 entre la salida de la Cámara de mezclado 6 y la entrada del compresor 3.1 se provee un sistema de medición de oxígeno 22 para medir el contenido de oxígeno en la mezcla gaseosa inicial. De manera opcional a esto, es posible adicionalmente proveer sistemas de medición de oxígeno 23, 24 correspondientes en la tubería del realimentación 9 o en la tubería de alimentación de aire fresco 8, respectivamente, para medir de manera continua o en tiempos o eventos predeterminados el contenido de oxígeno en el aire suministrado, así como en el aire ambiental enriquecido con nitrógeno. En base a los resultados de medición, mediante el control apropiado de los dispositivos de ventilación 10 y 11 se puede ejercer una influencia apropiada sobre la composición de la mezcla gaseosa inicial (en particular con respecto al contenido de oxígeno).

30 Con referencia a las representaciones gráficas de acuerdo con las figuras 5 a 7, a continuación se describe el modo de acción de la solución de acuerdo con la presente invención en base al dispositivo de inertización 1 representado esquemáticamente en las Figs. 1 a 4. A este respecto, se parte de la suposición de que en el dispositivo de inertización 1 representado esquemáticamente en las Figs. 1 a 4, el espacio cerrado 2 presenta un volumen ambiental de 1000 m<sup>3</sup>. Adicionalmente, se parte de la suposición de que el dispositivo de inertización 1 está diseñado para proveer por hora como máximo 48 m<sup>3</sup> en total de gas enriquecido con nitrógeno en la salida del sistema de separación de gases.

En la Fig. 5 se muestra una representación gráfica del factor de aire del sistema de separación de gases empleado en el dispositivo de inertización 1 que se representa esquemáticamente en las Figs. 1 a 4 con diferentes purzas de nitrógeno. De acuerdo con esto, cabe destacar que el factor de aire aumenta de manera exponencial con el contenido residual de oxígeno decreciente en la mezcla gaseosa provista en la salida del sistema de separación de gases y enriquecida con nitrógeno. En particular, el factor de aire con un contenido residual de oxígeno del 10% en volumen (pureza de nitrógeno: 90%) se ubica en aproximadamente 1,5, lo que significa que por m<sup>3</sup> de la mezcla gaseosa inicial en la salida del sistema de separación de gases se puede proveer un volumen de 0,67 m<sup>3</sup> de mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno. Esta relación empeora a medida que aumenta la pureza de nitrógeno, según se puede deducir de la representación gráfica en la Fig. 5.

De manera adicional al desarrollo del factor de aire, en la Fig. 5 también se representa cómo se comporta el tiempo de reducción regular con diferentes purzas de nitrógeno, a medida que aumenta la pureza de nitrógeno. En particular, por una parte se representa durante cuánto tiempo tienen que funcionar el o los compresores 3.1, 3.2, 3.3 para reducir el contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2 desde un valor inicial de 17,4% en volumen a un valor de 17,0% en volumen. Adicionalmente a esto, por otra parte se representa durante cuánto tiempo tienen que funcionar el o los compresores 3.1, 3.2, 3.3 para reducir el contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2 desde un valor inicial de 13,4% en volumen a un valor de 13,0% en volumen.

La comparación de los dos tiempos de reducción (tiempo de reducción con regulación de 17,4% en volumen → 17,0% en volumen y tiempo de reducción con regulación de 13,4% en volumen → 13,0% en volumen) demuestra que para ajustar y mantener un nivel de inertización de 17,0% en volumen, el tiempo de funcionamiento del compresor 3.1 o de los compresores 3.1, 3.2, 3.3 se puede minimizar si en el sistema de separación de gases se ajusta una pureza de nitrógeno de aproximadamente 93,3% en volumen. Para ajustar y mantener un nivel de inertización en un contenido de oxígeno de 13% en volumen, en cambio, la pureza optimizada en función del tiempo se ubica en aproximadamente 94,1% en volumen de nitrógeno. Por lo tanto, el tiempo de reducción o, respectivamente, el tiempo de funcionamiento del compresor 3.1 o, respectivamente, de los compresores 3.1, 3.2, 3.3, para ajustar un nivel de inertización predeterminado en la atmósfera de aire ambiental del espacio cerrado 2 depende de la pureza de nitrógeno ajustada en el sistema de separación de gases o, respectivamente, depende del contenido residual de oxígeno ajustado en los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 empleados en la mezcla gaseosa provista en la salida del sistema de separación de gases y enriquecida con nitrógeno.

Los respectivos valores mínimos del tiempo de reducción frente a la pureza de nitrógeno se denominan a continuación como "pureza de nitrógeno optimizada en función del tiempo". En la representación de acuerdo con la Fig. 6, se muestra la pureza de nitrógeno optimizada en función del tiempo en el dispositivo de inertización 1 de acuerdo con las Figs. 1 a 4. En particular, para las diferentes concentraciones de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2 se indica la pureza optimizada en función del tiempo, que rige para el sistema de separación de gases del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con las Figs. 1 a 4.

La curva característica representada en la Fig. 6 muestra directamente que los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 empleados deben ajustarse de tal manera, que a medida que se reduzca el contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2, el contenido residual de oxígeno en la mezcla gaseosa suministrada en la salida del sistema de separación de gases también disminuya. Si de acuerdo con esto, la pureza de nitrógeno del generador de nitrógeno empleado en la inertización del espacio cerrado 2 se ajusta de acuerdo con la curva característica representada en la Fig. 6, es posible ajustar y mantener el nivel de inertización especificado en la atmósfera ambiental del espacio cerrado 2 con el menor tiempo de funcionamiento posible de los compresores 3.1, 3.2, 3.3 empleados y, por lo tanto, con el menor consumo de energía posible.

En la Fig. 7 se muestra una representación gráfica de la influencia del contenido de oxígeno en la mezcla gaseosa inicial sobre el factor de aire del sistema de separación de gases. De acuerdo con esto, el factor de aire se reduce con una pureza de nitrógeno fija del sistema de separación de gases con la reducción del contenido de oxígeno en la mezcla gaseosa inicial. Según se ha insinuado previamente, en el dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la representación esquemática en, por ejemplo, la Fig. 1, se provee la tubería de realimentación 9, a través de la que una parte del aire ambiental (eventualmente ya enriquecido con nitrógeno) se dirige de manera regulada a la Cámara de mezclado 6, para reducir de esta manera el contenido de oxígeno en la mezcla gaseosa inicial desde el valor inicial de 21% en volumen (contenido de oxígeno del aire ambiental normal). Debido a esta recirculación del aire ambiental ya enriquecido con nitrógeno, por lo tanto, se puede reducir adicionalmente el factor de aire del sistema de separación de gases, de tal manera que se incrementa la eficiencia del sistema de separación de gases y la energía necesaria para ajustar y mantener el nivel de inertización especificado se puede reducir aún más.

Preferentemente, la curva característica representada en la Fig. 7 se combina con el procedimiento descrito previamente con referencia a las representaciones gráficas en las figuras 5 y 6, de tal manera que para cada concentración de oxígeno en la mezcla gaseosa inicial y en el espacio 2 se puede encontrar una unidad de suministro optimizada del nitrógeno.

En la Fig. 8 se representan – para una aplicación calculada – los ahorros de energía alcanzables (expresado como %) a través del contenido de oxígeno ajustado en la atmósfera ambiental del espacio cerrado, si a través de la

solución de acuerdo con la presente invención se reduce la concentración de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado. A este respecto, se ha considerado el caso en el que por una parte se ha seleccionado la pureza de nitrógeno optimizada en función del tiempo para la pureza de nitrógeno del generador de nitrógeno durante la inertización del espacio, y en el que, por otra parte, se ha efectuado una recirculación del aire ambiental ya enriquecido con nitrógeno, para así reducir adicionalmente el factor de aire del generador de nitrógeno y aumentar su eficiencia.

Con referencia a la representación mostrada en la Fig. 9, a continuación se describe una quinta forma de realización ejemplar del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención.

La construcción y el modo de funcionamiento del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la quinta forma de realización son esencialmente idénticos a la cuarta forma de realización descrita previamente con referencia a la representación mostrada en la Fig. 4. El generador de nitrógeno 4.3 de la pluralidad de generadores de nitrógeno conectados en serie 4.1, 4.2 y 4.3 está diseñado en esta quinta forma de realización de acuerdo con la tecnología VPSA como un generador de adsorción por cambio de presión de vacío. Como ya se ha descrito previamente con referencia a la cuarta forma de realización de acuerdo con la Fig. 4, también el generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 que está conectado por medio de un sistema de tubería 17.3 con un compresor 3.3 asignado, que a su vez presenta una conexión a través de un sistema de tubería 15.3 con la cámara de mezclado 6. En el sistema de tubería 17.3 entre el compresor 3.3 y el generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 se incorpora adicionalmente una válvula intermedia, que está diseñada de manera controlable y con este fin presenta una conexión con el dispositivo de mando 5. Adicionalmente a esta conexión existente mediante la interconexión de un compresor 3.3 entre la cámara de mezclado 6 y el generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3, se inserta un sistema de tubería adicional 42 entre la cámara de mezclado 6 y el generador 4.3. En este sistema de tubería adicional 42 se inserta a su vez una válvula intermedia, que también está diseñada de manera controlable y que con este fin está conectada con el dispositivo de mando 5.

El dispositivo de mando 5, por su parte, está configurado de tal manera que durante el funcionamiento de adsorción del generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 mantiene la válvula intermedia 40 entre el compresor 3.3 y el generador 4.3 en una posición abierta y mantiene la válvula intermedia 41 entre la cámara de mezclado 6 y el generador 4.3 en una posición cerrada durante el funcionamiento de adsorción del generador 4.3. Durante un funcionamiento de desorción del generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 que presenta por lo menos una entrada, el compresor 3.3 asignado y correspondientemente diseñado genera una presión negativa en la entrada del generador 4.3, es decir, una presión reducida en comparación con la presión del medio ambiente circundante en dirección al vacío. Durante esta fase de desorción, que preferentemente algunos segundos antes, y de manera particularmente preferente cinco segundos antes de que expire el tiempo programado de la fase de desorción, mediante el dispositivo de mando 5 se abre la válvula intermedia 41 entre la cámara de mezclado 6 y el generador 4.3, de tal manera que ya antes de finalizar la fase de desorción puede fluir directamente aire enriquecido con nitrógeno desde la cámara de mezclado 6 a la por lo menos una entrada del generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3. Para no obstaculizar la corriente de entrada y prevenir un efecto retroactivo sobre el compresor 3.3, puede estar previsto entonces que la válvula intermedia 40 entre el compresor 3.3 y el generador 4.3 se lleve a una posición de cierre durante este procedimiento de compensación de presión. Por la corriente de entrada pasiva, es decir, no inducida por el compresor 3.3 asignado, del aire enriquecido con nitrógeno de la cámara de mezclado a la por lo menos una entrada del generador 4.3, antes de finalizar la fase de desorción se efectúa un aumento de presión en la entrada y dentro del generador 4.3 a un valor equivalente como máximo a la presión existente dentro de la cámara de mezclado 6, que debido a la circunvalación del compresor 3.3 se efectúa de manera relativamente rápida y adicionalmente no requiere un funcionamiento costoso en cuanto al consumo de energía del compresor 3.3 asignado durante este procedimiento de compensación de presión.

En una fase de adsorción siguiente del generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3, el compresor 3.3 asignado puede llevar entonces al generador 4.3 en un tiempo reducido a la presión de servicio, por lo que la adsorción y por ende también la puesta a disposición de aire enriquecido con nitrógeno se produce más temprano. Debido a que el aire de la cámara de mezclado 6 empleado para la compensación de presión ya está enriquecido con nitrógeno, en la fase de adsorción siguiente del generador 4.3, el nivel de oxígeno es más reducido desde el comienzo.

A este respecto, el generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 no se limita a una sola entrada o a un solo lecho de tamiz molecular, que dado el caso puede estar equipado con un recipiente que contiene carbono granulado. Más bien, también es posible proveer delante de cada recipiente o de cada entrada, respectivamente, del generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 una válvula intermedia 41 controlable propia, es decir, una ramificación del sistema de tubería 42 entre la cámara de mezclado 6 y el generador 4.3 delante de las respectivas entradas. De esta manera es posible entonces una operación alternada de adsorción y desorción de un generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3, de tal manera que en la salida 4a.3 del mismo se dispone de una corriente sustancialmente continua de aire enriquecido con nitrógeno para dirigirlo al espacio cerrado 2.

La cámara de mezclado 6 preferentemente está realizada como un tubo de mezclado comparativamente largo, y los sistemas de tubería 15.1, 15.2, 15.3 que parten en dirección hacia los compresores 3.1, 3.2, 3.3 comienzan

entonces en el extremo de tubo de un tubo de mezclado de este tipo. A través del dimensionamiento correspondiente de una cámara de mezclado 6, en particular de un tubo de mezclado comparativamente largo de este tipo, se asegura entonces una operación en gran medida libre de efectos retroactivos, cuando se emplea un procedimiento de compensación de presión pasivo mediante un sistema de tubería adicional 42 entre la cámara de mezclado 6 y el generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3. En otras palabras, mediante el dimensionamiento correspondiente de una cámara de mezclado 6 realizada como un tubo de mezclado largo de este tipo, se reduce entonces a valores no perjudiciales una posible influencia de la presión, es decir, una interacción de la presión sobre los generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, incluso cuando se emplea un generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 equipado con la tubería de circunvalación 42.

5 A diferencia de este quinto ejemplo de realización representado en la Fig. 9, una tubería adicional 42 de este tipo entre la cámara de mezclado 6 y un generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 con interconexión de una correspondiente válvula intermedia controlable 41 también puede ser ventajosa cuando no se emplea un gran número de sistemas de separación de gases 3.1, 4.1; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3 o, respectivamente, cuando no se emplean generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3 con diferentes técnicas de separación de gases. También cuando solamente se provee un solo generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3, por medio de la compensación de presión pasiva, controlable a través de la válvula intermedia 41, antes del final de la fase de desorción del generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 con un dimensionamiento correspondiente de la cámara de mezclado 6, se logra la ventaja de que el compresor 3.3 asignado en general tiene que funcionar durante un periodo de tiempo más corto, de lo que resulta un efecto de ahorro de energía.

10 A continuación, con referencia a la representación en la Fig. 10 se describe una sexta forma de realización ejemplar del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la presente invención.

La construcción y el modo de funcionamiento del dispositivo de inertización 1 de acuerdo con la sexta forma de realización son sustancialmente comparables con la quinta forma de realización descrita previamente con referencia a la representación en la Fig. 9. El generador de nitrógeno 4.3 de la pluralidad de generadores de nitrógeno conectados en paralelo 4.1, 4.2 y 4.3 en esta sexta forma de realización, al igual que en la quinta forma de realización descrita más arriba, está realizado de acuerdo con la tecnología de VPSA como un generador de adsorción por cambio de presión de vacío. Nuevamente, el generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 de acuerdo con la sexta forma de realización está conectado por medio de un sistema de tubería 17.3 con un compresor 3.3 asignado, que a su vez presenta una conexión con la cámara de mezclado 6 a través de un sistema de tubería 15.3. Adicionalmente, el generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3 presenta una entrada adicional, que está conectada a través de un sistema de tubería adicional 42 directamente con la cámara de mezclado 6. Adicionalmente, el generador de nitrógeno 4.3 realizado como generador de adsorción por cambio de presión de vacío presenta dos lechos de adsorción operables de manera independiente entre sí 45a y 45b, que a través de la interconexión de respectivamente una válvula intermedia realizada de manera controlable 44a y 44b están conectados con una salida 4a.3 del generador de nitrógeno 4.3, que a su vez puede suministrar el aire enriquecido con nitrógeno a través de una tubería de alimentación 7.3 al espacio cerrado 2. A cada uno de los lechos de tamiz molecular 45a y 45b se asignan respectivamente varias válvulas intermedias adicionales 40a, 41a, 43a y 40b, 41b, 43b en la zona de las respectivas entradas al lecho de tamiz molecular. Todas estas válvulas intermedias a su vez están realizadas de manera controlable y junto con las válvulas intermedias adicionales 44a, 44b pueden controlarse correspondientemente de tal manera, que respectivamente durante un primer periodo de tiempo el primer lecho de tamiz molecular 45a funciona en un modo de adsorción, para suministrar aire enriquecido con nitrógeno a la tubería de alimentación 7.3. Durante un segundo periodo de tiempo, el segundo lecho de tamiz molecular 45b funciona entonces en un estado de adsorción que igualmente permite suministrar aire enriquecido con nitrógeno a la tubería de alimentación 7.3. En otras palabras, con un generador de adsorción por cambio de presión 4.3 configurado de esta manera, es posible que mediante la operación alternada de los lechos de tamiz molecular 45a, 45b respectivamente en un estado de adsorción y de desorción se asegure un flujo continuo de aire enriquecido con nitrógeno suministrado a la tubería de alimentación 7.3.

Durante el funcionamiento de adsorción del primer lecho de tamiz molecular 45a del generador de adsorción por cambio de presión de vacío 4.3, la válvula intermedia 40a entre la entrada del generador de nitrógeno 4.3 conectada a través del sistema de tubería 17.3 con el compresor 3.3, así como la correspondiente válvula intermedia 44a, que regula la salida, están abiertas, de tal manera que el aire enriquecido con nitrógeno está disponible en la salida 4a.3 del generador de nitrógeno 4.3. De manera correspondiente, durante un funcionamiento de adsorción de este tipo del primer lecho de tamiz molecular 45a del generador de nitrógeno 4.3, la válvula intermedia 40b permanece cerrada para no cargar el segundo lecho de tamiz molecular 45b con aire comprimido del compresor 3.3. Durante este tiempo, el segundo lecho de tamiz molecular 45b funciona en un modo de desorción, para lo que la válvula intermedia 43b permanece abierta, con el fin de conectar el segundo lecho de tamiz molecular 45b con la fuente de vacío V. De manera correspondiente, las válvulas intermedias 43a y 44b en este estado de funcionamiento permanecen cerradas. Asimismo, las válvulas intermedias 41a y 41b, que pueden establecer una conexión con el sistema de tubería adicional 42 y por ende con la cámara de mezclado 6, también permanecen cerradas.

60 Si entonces se va a cambiar el estado de funcionamiento del generador de nitrógeno 4.3 realizado como generador de adsorción por cambio de presión, es decir, cambiarlo del estado de funcionamiento en el que el primer lecho de tamiz molecular 45a funciona en un modo de adsorción y el segundo lecho de tamiz molecular 45b funciona en un

modo de desorción, a un modo de funcionamiento en el que a la inversa el primer lecho de tamiz molecular 45a funciona en un estado de desorción y el segundo lecho de tamiz molecular 45b funciona en un estado de adsorción, entonces poco antes del momento en el que debe finalizar el modo de desorción del segundo lecho de tamiz molecular 45b, se cierran las válvulas intermedias 40a, 40b y 43a, 43b, así como, dado el caso, también las válvulas intermedias 44a, 44b dispuestas en el lado de salida. Al mismo tiempo o inmediatamente después se abre entonces la válvula intermedia 41b, con el fin de establecer una conexión directa por medio del sistema de tubería 42 entre la cámara de mezclado 6 y el segundo lecho de tamiz molecular 45b. De esta manera se produce una compensación pasiva de presión de la presión existente dentro del segundo lecho de tamiz molecular 45b, en lo que de manera ventajosa el aire ya enriquecido con nitrógeno de la Cámara de mezclado 6 fluye de manera pasiva al interior del segundo lecho de tamiz molecular 45b. Después de completarse la compensación de presión, la válvula intermedia 41b puede cerrarse nuevamente, y para iniciar la fase de adsorción en el segundo lecho de tamiz molecular 45b, se puede abrir la válvula intermedia 40b para conectar el compresor 3.3 con la salida del segundo lecho de tamiz molecular 45b. De manera correspondiente, también se abre la válvula intermedia 44b en el lado de salida para suministrar aire enriquecido con nitrógeno en la salida 4a.3 del generador de nitrógeno 4.3. Ahora, el primer lecho de tamiz molecular 45a puede funcionar en el estado de desorción, para lo que solo tiene que abrirse la válvula intermedia 43a, que conecta la entrada del primer lecho de tamiz molecular 45a con la fuente de vacío.

De manera análoga, la conmutación de este generador de nitrógeno 4.3 que funciona con dos lechos de tamiz molecular desde un estado de funcionamiento, en el que el primer lecho de tamiz molecular 45a se encuentra en un estado de desorción y el segundo lecho de tamiz molecular 45b se encuentra en un estado de adsorción, se puede efectuar mediante la interconexión de una etapa, en el que se produce una compensación de presión pasiva para finalizar la fase de desorción en el primer lecho de tamiz molecular 45a.

La presente invención no está limitada a los ejemplos de realización descritos con referencia a los dibujos adjuntos, sino que resulta de una combinación de todas las características aquí desveladas. En particular, a este respecto se ha de tener en cuenta que en los dibujos las características obvias, no esenciales para la invención, eventualmente no se muestran de manera detallada. Así, por ejemplo, en los dibujos no se muestra la salida para el gas enriquecido con oxígeno de los respectivos generadores de nitrógeno 4.1, 4.2, 4.3. Asimismo, en la sexta forma de realización de acuerdo con la Fig. 10 puede estar previsto proveer un dispositivo de mando 5 correspondientemente configurado para conectarlo con los distintos elementos controlables, por ejemplo, las válvulas intermedias.

#### Lista de caracteres de referencia

30	1	Dispositivo de inertización
	2	Espacio cerrado
	3.1, 3.2, 3.3	Compresor
	4.1, 4.2, 4.3	Generador de nitrógeno
	4.a1, 4a.2, 4a.3	Salida del generador de nitrógeno
35	5	Dispositivo de mando
	6	Cámara de mezclado
	7.1, 7.2, 7.3	Tubería de alimentación
	8	Tubería de alimentación (de aire fresco)
	8a	Entrada de la tubería de alimentación de aire fresco
40	9	Tubería de realimentación
	9a	Entrada de la tubería de realimentación
	10	Segundo dispositivo de ventilación
	11	Primer dispositivo de ventilación
	12	Tramo de mezclado
45	13	Sistema intercambiador de calor
	14	Ventilador de apoyo
	15.1, 15.2, 15.3	Sistema de tubería entre la cámara de mezclado y el compresor
	16	Sistema de medición de oxígeno
	17.1, 17.2, 17.3	Sistema de tubería entre el compresor y el generador de nitrógeno
50	18	Filtro
	19	Módulo de membrana
	20	Aislamiento térmico
	21	Sistema de medición del contenido residual de oxígeno
	23	Sistema de medición de oxígeno en la tubería de realimentación 9
55	24	Sistema de medición de oxígeno en la línea de alimentación 8
	25	Zona exterior
	26	Sensor de presión en la cámara de mezclado
	27	Sensor de presión en la zona exterior
	28.1, 28.2, 28.3	Sensor de flujo volumétrico en la tubería de alimentación 7.1, 7.2, 7.3
60	29	Sensor de flujo volumétrico en la tubería de realimentación 9
	30	Sensor de flujo volumétrico en la tubería de alimentación de aire fresco 8
	40, 40a, 40b	Válvula intermedia entre el compresor y la entrada al lecho de tamiz molecular
	41, 41a, 41b	Válvula intermedia entre la cámara de mezclado y la entrada al lecho de tamiz molecular

## ES 2 641 309 T3

42	Sistema de tubería entre la cámara de mezclado y el generador de nitrógeno
43a, 43b	Válvula intermedia entre la fuente de vacío y la entrada al lecho de tamiz molecular
44a, 44b	Válvula intermedia entre la salida del lecho de tamiz molecular y la tubería de alimentación
45a, 45b	Lecho de tamiz molecular y fuente de vacío V

5

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de inertización para la prevención de incendios y/o la extinción de incendios, en el que en la atmósfera ambiental de un espacio cerrado (2) se ajusta y se mantiene un contenido de oxígeno reducido en comparación con el aire ambiental normal, en donde el procedimiento presenta las siguientes etapas de procedimiento:
- en una cámara de mezclado (6), preferentemente en una cámara de mezclado (6) realizada como tubo de mezclado, se proporciona una mezcla gaseosa inicial que presenta oxígeno, nitrógeno y, dado el caso, otros componentes adicionales;
  - 10 - en un sistema de separación de gases (3.1, 4.1; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) se separa por lo menos una parte del oxígeno de la mezcla gaseosa inicial proporcionada y de esta manera se suministra una mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno en la salida (4a.1; 4a.2; 4a.3) del sistema de separación de gases (3.1, 4.1; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3); y
  - 15 - la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno se dirige a la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2), en donde para proporcionar la mezcla gaseosa inicial, con ayuda de un dispositivo de ventilación (11) dispuesto en un sistema de tubería de realimentación (9) que conecta el espacio cerrado (2) a la cámara de mezclado (6), se extrae del espacio cerrado (2) de manera regulada una parte del aire ambiental contenido dentro del espacio cerrado (2) y se alimenta a la cámara de mezclado (6), y con ayuda de un dispositivo de ventilación (10) dispuesto en un sistema de alimentación de aire fresco (8) conectado a la cámara de mezclado (6), la parte extraída del aire ambiental se mezcla de manera regulada con aire fresco.
- 20 2. Procedimiento de inertización de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de ventilación (11) provisto en el sistema de tubería de realimentación (9) se controla de tal manera que el volumen de aire ambiental extraído por unidad de tiempo del espacio (2) y suministrado a la cámara de mezclado (6) se ajusta de tal manera que la diferencia entre la presión existente en la cámara de mezclado (6) y la presión atmosférica exterior no sobrepasa un valor de umbral superior predeterminado o predeterminable y no desciende por debajo de un valor de umbral inferior predeterminado o predeterminable, en donde el valor de umbral superior para la presión diferencial preferentemente se ubica en 1,0 mbar y más preferentemente en 0,5 mbar, y en donde el valor de umbral inferior para la presión diferencial preferentemente se ubica en 0 mbar; y/o
- 25 en donde el dispositivo de ventilación (10) provisto en el sistema de alimentación de aire fresco (8) se controla de tal manera que el volumen de aire fresco mezclado con la parte extraída por unidad de tiempo del aire ambiental se ajusta de tal manera que la diferencia entre la presión existente en la cámara de mezclado (6) y la presión atmosférica exterior no sobrepasa un valor de umbral superior predeterminado o predeterminable y no desciende por debajo de un valor de umbral inferior predeterminado o predeterminable, en donde el valor de umbral superior para la presión diferencial preferentemente se ubica en 1,0 mbar y más preferentemente en 0,5 mbar, y en donde el valor de umbral inferior para la presión diferencial preferentemente se ubica en 0 mbar.
- 30 3. Procedimiento de inertización de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el dispositivo de ventilación (10) provisto en el sistema de alimentación de aire fresco (8) se controla de tal manera que el volumen de aire ambiental extraído por unidad de tiempo del espacio (2) es idéntico al volumen de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno que se dirige por unidad de tiempo a la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2).
- 35 4. Procedimiento de inertización de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno se modifica en función del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2), en donde el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno preferentemente se reduce a medida que disminuye el contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2); y/o en donde el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno preferentemente se ajusta de acuerdo con una curva característica previamente determinada, indicando la curva característica preferentemente el valor optimizado en función del tiempo del contenido residual de oxígeno de la mezcla enriquecida con nitrógeno frente al contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2), según lo cual, a través del procedimiento de inertización se puede ajustar en el menor tiempo posible en la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2) un contenido de oxígeno predeterminable y reducido en comparación con el aire ambiental normal.
- 40 5. Procedimiento de inertización de acuerdo con la reivindicación 4, en el que continuamente o en tiempos y/o eventos predeterminados se mide de manera directa o indirecta el contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2), y en donde de manera continua o en tiempos y/o eventos predeterminados se ajusta el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno a un valor previamente especificado, con lo que a través del procedimiento de inertización se puede reducir en un valor de reducción predeterminado y en el menor tiempo posible el contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado al contenido de oxígeno actual en cada caso.
- 45 6. Procedimiento de inertización de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5,

en el que el contenido de oxígeno de la mezcla gaseosa inicial, de la que se separa por lo menos una parte del oxígeno, se modifica en función del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2).

5 7. Procedimiento de inertización de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6,  
 en el que el sistema de separación de gases (3.1, 4.1; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) presenta por lo menos un generador de  
 nitrógeno (4.3) realizado como generador de absorción por cambio de presión de vacío, que presenta por lo menos  
 una entrada, en el que la por lo menos una entrada se conecta opcionalmente a través de un sistema de tubería  
 (17.3) al lado de presión de un compresor (3.3) o al lado de aspiración de una fuente de vacío (V), y en el que  
 10 durante una fase de desorción del generador de nitrógeno (4.3) realizado como generador de adsorción por cambio  
 de presión de vacío la por lo menos una entrada del generador de nitrógeno (4.3) preferentemente se conecta al  
 lado de aspiración de la fuente de vacío (V); y/o en donde preferentemente por lo menos una entrada del generador  
 de nitrógeno (4.3) realizado como generador de adsorción por cambio de presión de vacío se conecta opcionalmente  
 por medio de un sistema de tubería (42) a la cámara de mezclado (6), y en donde más preferentemente aún la por lo  
 15 menos una entrada del generador de nitrógeno (4.3) realizado como generador de adsorción por cambio de presión  
 de vacío para finalizar una fase de desorción del generador de nitrógeno (4.3) se conecta por medio del sistema de  
 tubería (42) a la cámara de mezclado (6).

20 8. Dispositivo de inertización (1) para ajustar y/o mantener un contenido de oxígeno reducido en comparación con el  
 aire ambiental normal en la atmósfera ambiental de un espacio cerrado (2), en donde el dispositivo de inertización  
 presenta un sistema de separación de gases (3.1, 4.1; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3), con el que de una mezcla gaseosa inicial  
 que contiene nitrógeno y oxígeno se separa por lo menos una parte del oxígeno y de esta manera en la salida (4a.1;  
 4a.2; 4a.3) del sistema de separación de gases (3.1, 4.1; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) se proporciona una mezcla gaseosa  
 25 enriquecida con nitrógeno, y en donde el dispositivo de inertización (1) presenta un sistema de tubería de  
 alimentación (7) para alimentar la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno al espacio cerrado (2),  
 y en donde adicionalmente se prevé una cámara de mezclado (6), preferentemente una cámara de mezclado (6)  
 realizada como tubo de mezclado, para proporcionar la mezcla gaseosa inicial, en donde en la cámara de mezclado  
 (6) desemboca un primer sistema de tubería (9), a través del que se extrae del espacio (2) una parte del aire  
 ambiental contenido en el espacio cerrado (2) y se suministra a la cámara de mezclado (6), y en donde en la cámara  
 30 de mezclado (6) desemboca un segundo sistema de tubería (8), a través del que se alimenta aire fresco a la cámara  
 de mezclado (6),

**caracterizado porque**

el dispositivo de inertización (1) presenta adicionalmente en el primer sistema de tubería (9) un primer dispositivo de  
 ventilación (11) controlable por medio de un dispositivo de mando (5) y en el segundo sistema de tubería (8)  
 35 presenta un segundo dispositivo de ventilación (10) controlable por medio del dispositivo de mando (5).

9. Dispositivo de inertización (1) de acuerdo con la reivindicación 8,  
 en el que el dispositivo de mando (5) está diseñado para controlar el primer dispositivo de ventilación (11) de tal  
 manera que el volumen de aire ambiental extraído por unidad de tiempo del espacio (2) con ayuda del primer  
 40 dispositivo de ventilación (11) y suministrado a la cámara de mezclado (6) se ajusta de tal manera que la diferencia  
 entre la presión existente en la cámara de mezclado (6) y la presión atmosférica exterior no sobrepasa un valor de  
 umbral superior predeterminado o predeterminable y no desciende por debajo de un valor de umbral inferior  
 predeterminado o predeterminable; y/o en donde el dispositivo de mando (5) está diseñado para controlar el  
 45 segundo dispositivo de ventilación (10) de tal manera que el volumen de aire fresco mezclado por unidad de tiempo  
 con la parte extraída del aire ambiental con ayuda del segundo dispositivo de ventilación (10) se ajusta de tal  
 manera que la diferencia entre la presión existente en la cámara de mezclado (6) y la presión atmosférica exterior no  
 sobrepasa un valor de umbral superior predeterminado o predeterminable y no desciende por debajo de un valor de  
 umbral inferior predeterminado o predeterminable; y/o  
 50 en donde adicionalmente se prevé un dispositivo de mando (5) que está diseñado para controlar el sistema de  
 separación de gases (3.1, 4.1; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) de tal manera que el contenido residual de oxígeno de la mezcla  
 gaseosa enriquecida con nitrógeno se modifica en función del contenido de oxígeno actualmente existente en la  
 atmósfera ambiental del espacio cerrado (10).

10. Dispositivo de inertización (1) de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9,  
 55 que adicionalmente presenta en el primer sistema de tubería (9) un primer dispositivo de ventilación (11) controlable  
 por medio de un dispositivo de mando (5) y en el segundo sistema de tubería (8) presenta un segundo dispositivo de  
 ventilación (10) controlable por medio del dispositivo de mando (5), en donde el dispositivo de mando (5) está  
 diseñado para controlar el primer y/o el segundo dispositivos de ventilación (10, 11) de tal manera que el volumen de  
 aire ambiental extraído por unidad de tiempo del espacio (2) es idéntico al volumen de la mezcla gaseosa  
 60 enriquecida con nitrógeno que se suministra por unidad de tiempo a la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2).

11. Dispositivo de inertización (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10,  
 en el que adicionalmente se prevé un tramo de mezclado (12) integrado en la cámara de mezclado (6) o conectado  
 de manera antepuesta a la cámara de mezclado (6), en el que desembocan el primer y el segundo sistemas de  
 65 tubería (9, 8) preferentemente a través de una pieza en forma de Y, en donde el tramo de mezclado (12), en  
 particular en lo referente a su sección transversal de corriente efectiva, está configurado de tal manera que en el

tramo de mezclado (12) se forma una corriente turbulenta, y en donde el tramo de mezclado (12) preferentemente presenta una longitud que equivale a por lo menos cinco veces el diámetro hidráulico del tramo de mezclado (12).

5 12. Dispositivo de inertización (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 11,  
 en el que el sistema de separación de gases (3.1, 4.1; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) presenta por lo menos uno y  
 preferentemente una pluralidad de generadores de nitrógeno (4.1, 4.2, 4.3) en cada caso con un compresor (3.1,  
 3.2, 3.3) asignado y conectado a través de un sistema de tubería (17.1, 17.2, 17.3) a la cámara de mezclado (6), y  
 10 en donde preferentemente en el por lo menos uno y más preferentemente en cada uno de los generadores de  
 nitrógeno (3.1, 3.2, 3.3) el contenido residual de oxígeno de la mezcla gaseosa enriquecida con nitrógeno y  
 proporcionada en la salida (4a.1; 4a.2; 4a.3) del generador de nitrógeno (3.1, 3.2, 3.3) se puede ajustar con ayuda  
 de un dispositivo de mando (5).

13. Dispositivo de inertización (1) de acuerdo con la reivindicación 12,  
 15 en el que el por lo menos un generador de nitrógeno (4.3) está realizado como generador de adsorción por cambio  
 de presión de vacío,  
 y en el que se prevé por lo menos una fuente de vacío (V), a la que se puede conectar por lo menos una entrada del  
 generador de nitrógeno (4.3) realizado como generador de adsorción por cambio de presión de vacío; y/o en donde  
 el por lo menos un generador de nitrógeno (4.3) está realizado como generador de adsorción por cambio de presión  
 de vacío y en donde el dispositivo de inertización (1) presenta adicionalmente un sistema de tubería (42), a través  
 20 del cual la por lo menos una entrada del generador de nitrógeno (4.3) realizado como generador de adsorción por  
 cambio de presión de vacío se puede conectar a la cámara de mezclado (6).

14. Dispositivo de inertización (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 13,  
 25 en el que la cámara de mezclado (6) presenta un volumen que depende del número de generadores de nitrógeno  
 (4.1, 4.2, 4.3) empleados en el dispositivo de inertización (1) y/o del principio en el que se basa el modo de  
 funcionamiento del por lo menos un generador de nitrógeno (4.1, 4.2, 4.3); y/o  
 en el que la sección transversal hidráulica de la cámara de mezclado (6) es por lo menos tan grande que la  
 velocidad de flujo máxima que puede presentarse en la cámara de mezclado (6) es en promedio menor de 0,1 m/s.

30 15. Dispositivo de inertización (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 14,  
 en el que se prevé un dispositivo de mando (5) que está diseñado para controlar el sistema de separación de gases  
 (3.1, 4.1; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) en función del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del  
 espacio cerrado (2), de tal manera que se reduce automáticamente el contenido residual de oxígeno de la mezcla  
 gaseosa enriquecida con nitrógeno y suministrada en la salida (4a.1; 4a.2; 4a.3) del sistema de separación de gases  
 35 (3.1, 4.1; 3.2, 4.2; 3.3, 4.3) cuando disminuye el contenido de oxígeno en la atmósfera ambiental del espacio cerrado  
 (2); y/o en donde se prevé un dispositivo de mando (5) que está diseñado para ajustar, en función del contenido de  
 oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2), el volumen de aire ambiental  
 extraído por unidad de tiempo del espacio (2) y suministrado a la cámara de mezclado (6), así como el volumen de  
 40 aire fresco mezclado por unidad de tiempo con la parte extraída del aire ambiental, de tal manera que la mezcla  
 gaseosa inicial suministrada por la cámara de mezclado (6) presenta un contenido de oxígeno predeterminable y  
 dependiente del contenido de oxígeno actualmente existente en la atmósfera ambiental del espacio cerrado (2); y/o  
 en donde adicionalmente se prevé un dispositivo de mando (5) que está diseñado para controlar los componentes  
 controlables del dispositivo de inertización (1) de tal manera que se puede realizar un procedimiento de inertización  
 45 de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.

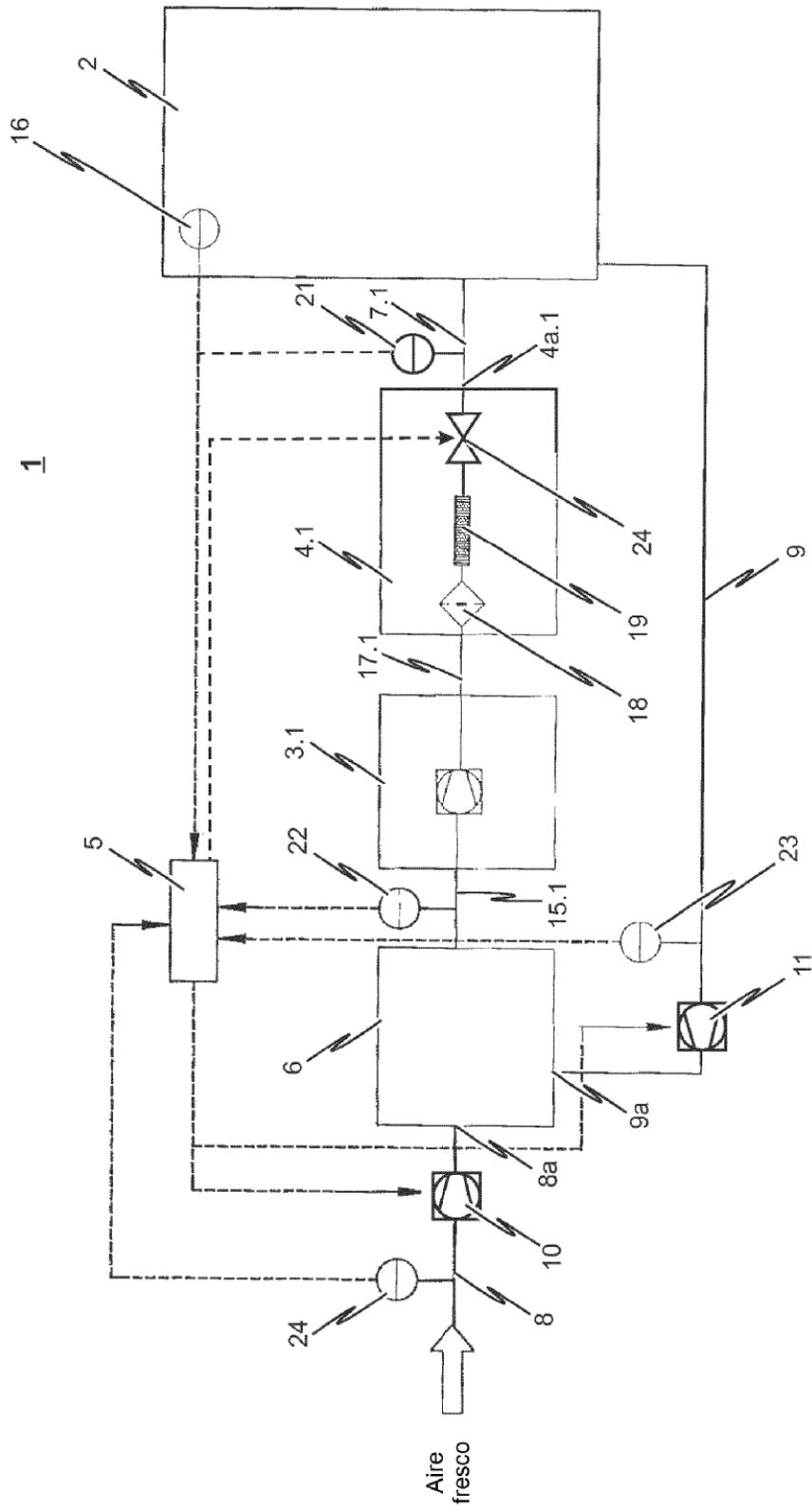


Fig. 1

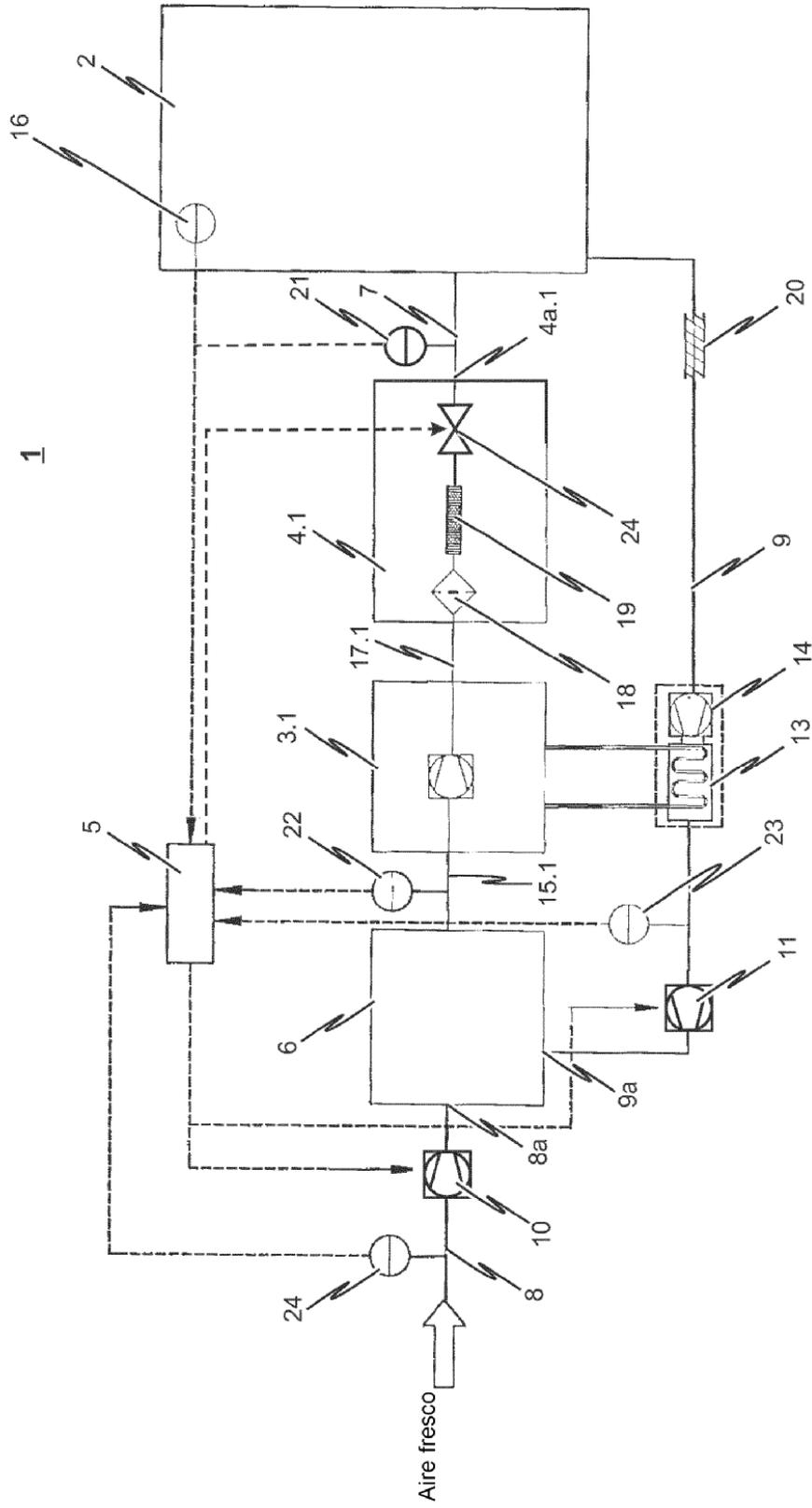


Fig. 2

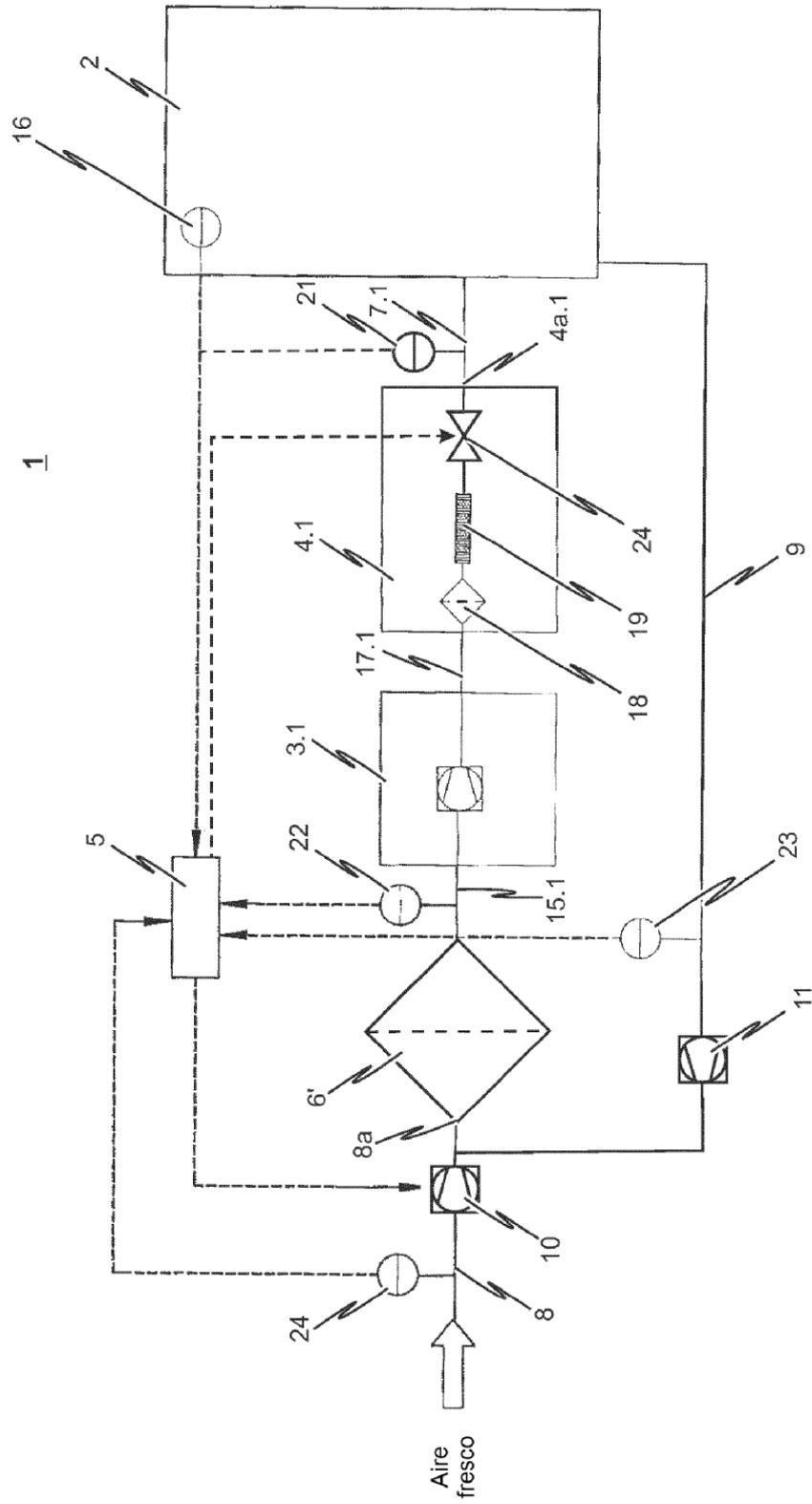


Fig. 3

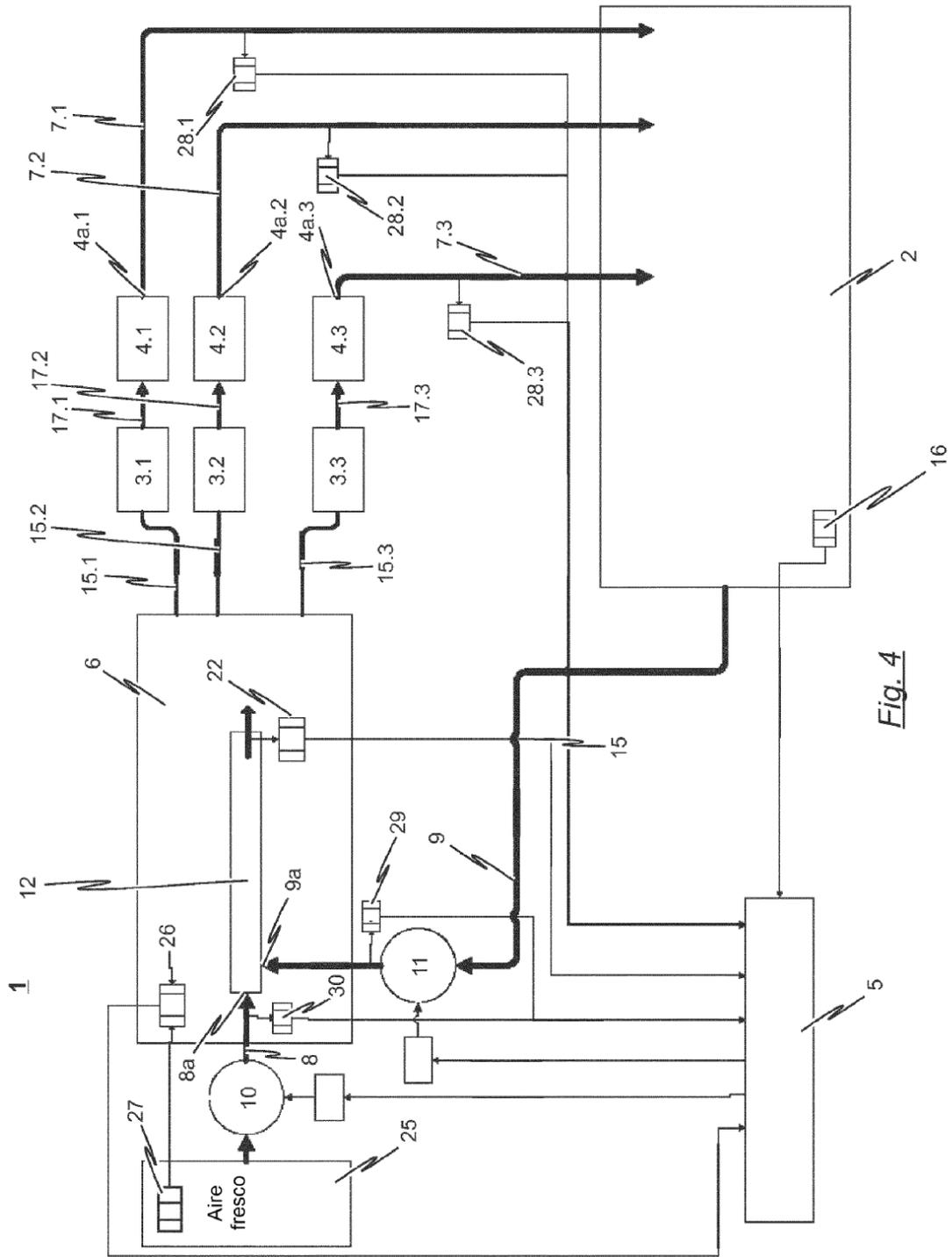
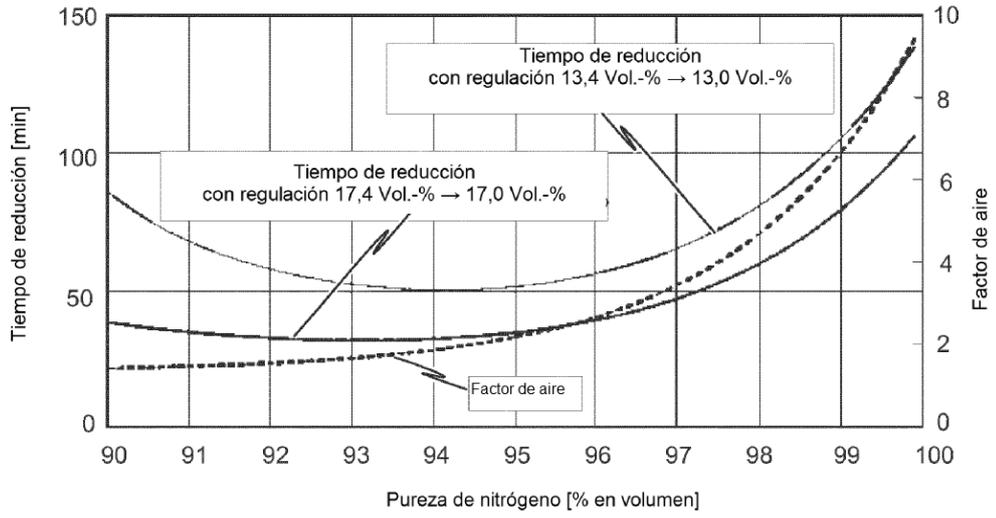
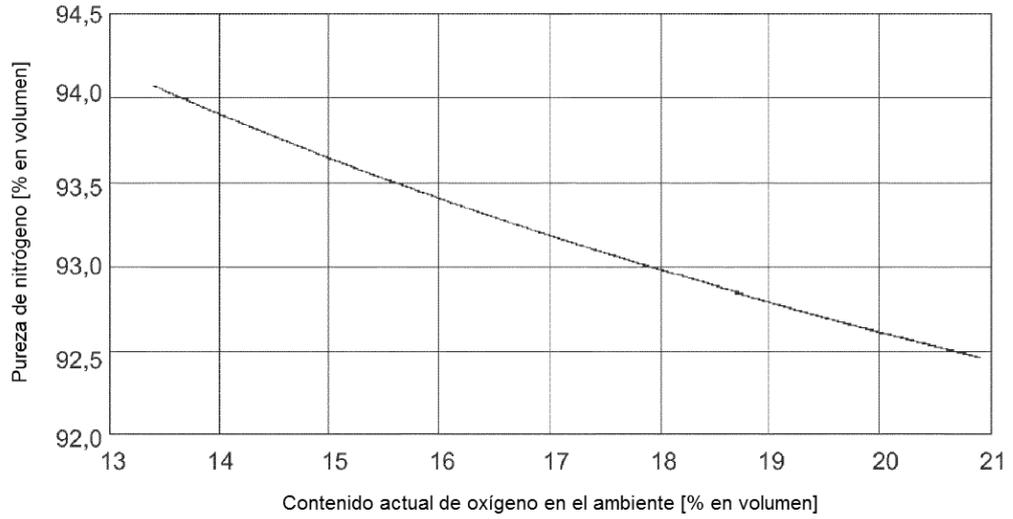


Fig. 4



*Fig. 5*



*Fig. 6*

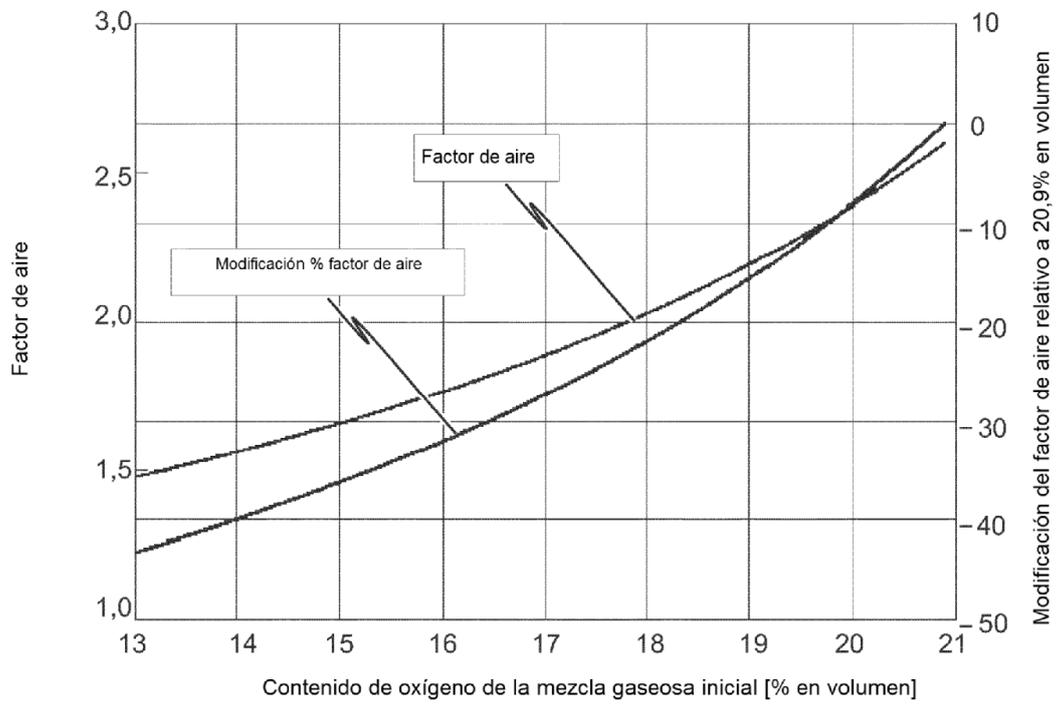
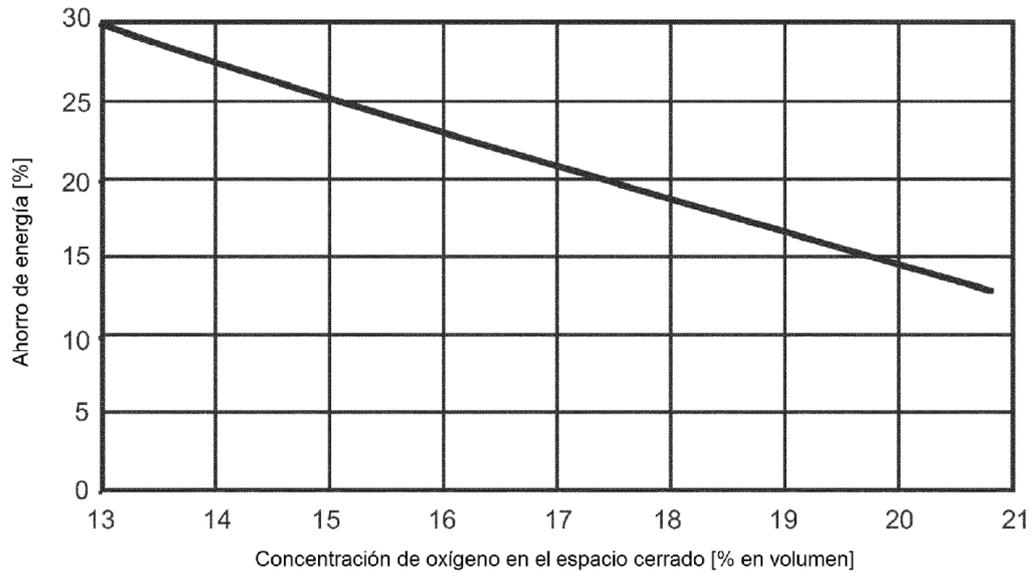


Fig. 7



*Fig. 8*

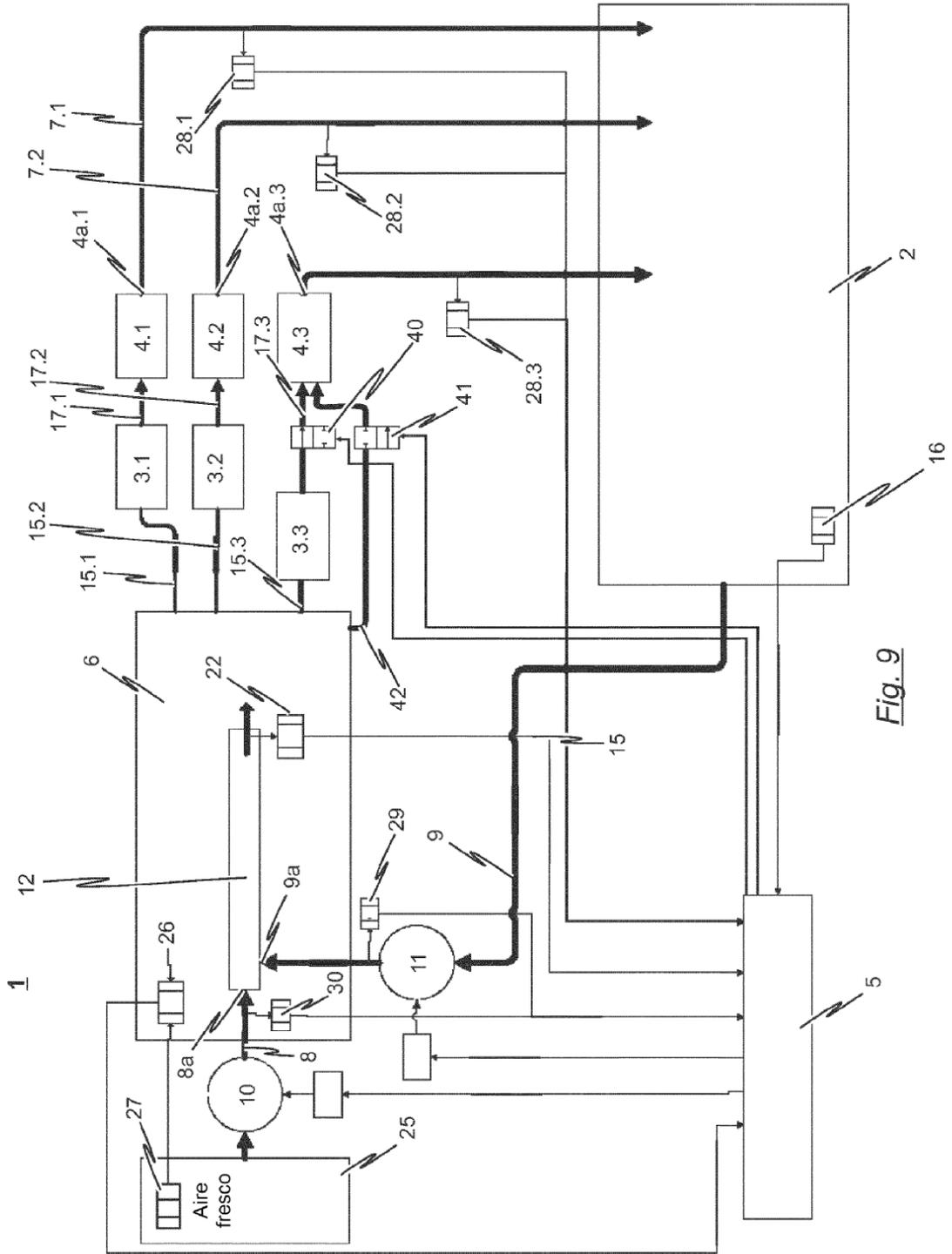


Fig. 9

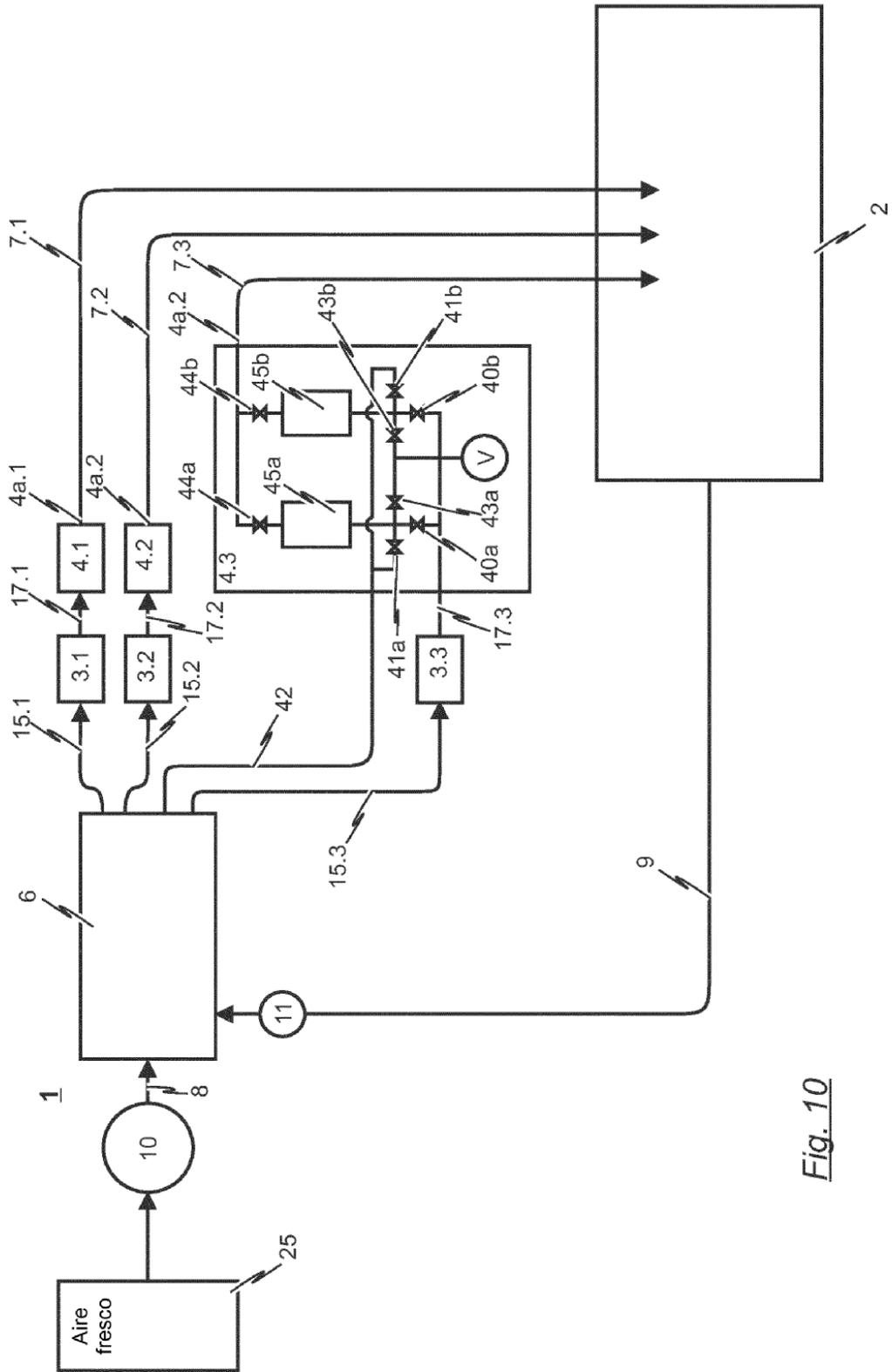


Fig. 10