

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 564**

51 Int. Cl.:  
**B01D 53/047** (2006.01)  
**C01B 13/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07110072 .1**  
96 Fecha de presentación: **12.06.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1867379**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.12.2007**

54 Título: **PROCESO DE ADSORCIÓN DE OSCILACIÓN DE PRESIÓN CON RECUPERACIÓN MEJORADA DE PRODUCTOS DE ALTA PUREZA.**

30 Prioridad:  
**13.06.2006 US 451663**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**05.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**05.01.2012**

73 Titular/es:  
**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.  
7201 HAMILTON BOULEVARD  
ALLENTOWN PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:  
**Whitley, Roger Dean**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

**ES 2 371 564 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**

Proceso de adsorción de oscilación de presión con recuperación mejorada de productos de alta pureza.

**5 Antecedentes de la invención**

La adsorción de oscilación de presión es un método bien conocido para la separación de mezclas de gases a granel y para la purificación de corrientes gaseosas que contienen bajas concentraciones de componentes indeseables. El método se ha desarrollado y adaptado para una amplia gama de gases de alimentación, condiciones de funcionamiento, pureza del producto, y recuperación del producto. Muchos sistemas de adsorción de oscilación de presión utilizan dos o más lechos adsorbentes operado en una secuencia cíclica con el fin de mantener un caudal de producto constante mientras que los lechos seleccionados se someten a diversas etapas que incluyen la adsorción, la despresurización, la evacuación, depuración, compensación de presión, represurización, y otras etapas relacionadas. Múltiples lechos adsorbentes que utilizan numerosas etapas de proceso son necesarios para alcanzar una pureza y/o recuperación elevada de los valiosos productos gaseosos, tales como hidrógeno, óxidos de carbono, gas de síntesis, hidrocarburos ligeros, y similares. Múltiples lechos adsorbentes que utilizan estas etapas de proceso se utilizan también para recuperar el oxígeno del aire para diversas aplicaciones, que incluyen los concentradores de oxígeno médico portátiles.

Muchos de estos procesos de adsorción de oscilación de presión funcionan en parte a presiones inferiores a la atmosférica y se describen en la técnica como los procesos de adsorción de oscilación al vacío (VSA) o de adsorción de oscilación de presión al vacío (PVSA). En la presente memoria descriptiva, la adsorción de oscilación de presión (PSA) se utiliza como término genérico para describir todos los tipos de sistemas de adsorción cíclicos, independientemente de los niveles de presión de trabajo.

En los ciclos de los procesos de adsorción de oscilación de presión, el gas necesario para las de depuración y de represurización se proporciona por el gas obtenido durante otras etapas del proceso. La represurización se puede lograr mediante el uso del gas del extremo de producto, gas intermedio obtenido por la compensación de presión entre lechos, gas de alimentación, o sus combinaciones. La depuración se puede proporcionar mediante el gas de despresurización intermedio de otros lechos y/o por el gas del extremo de producto.

La represurización de alimentación se divulga en las patentes representativas de Estados Unidos 4.406.675 y 5.540.758, y en la publicación de patente europea N° 0 354 259. El uso del gas producto para la depuración y/o represurización se presenta en el representante de las patentes representativas de Estados Unidos 5.328.503; 5.411.578; 5.429.666 y 5.656.067. Las patentes de Estados Unidos 5.330.561 y 5.203.888 divulgan la represurización de lecho que utiliza un gas de alimentación o producto gaseoso presurizado.

El documento EP 1 342 233 A2 desvela un sistema y proceso de adsorción de oscilación de presión, en el que se introduce un gas de alimentación que comprende nitrógeno y al menos un hidrocarburo en un lecho adsorbente que contiene material adsorbente que adsorbe selectivamente el hidrocarburo. Un gas efluente enriquecido en nitrógeno se retira del lecho adsorbente. El lecho adsorbente se despresuriza retirando el gas de despresurización. El lecho se depura introduciendo el gas de depuración y retirando un gas efluente de depuración que comprende el hidrocarburo, en el que el gas de depuración contiene nitrógeno a una concentración mayor que la del nitrógeno en el gas de alimentación. El lecho adsorbente se represuriza introduciendo el gas de presurización. El gas de presurización se introduce en el extremo de producto del lecho y se puede recibir como el gas producto del extremo de producto de otro lecho o de la corriente producto de nitrógeno. El gas efluente de depuración y también el gas de purga se reciclan opcionalmente para aumentar la recuperación total del hidrocarburo y se mezclan con una corriente de alimentación. La mezcla resultante se comprime, refrigera y condensa al menos parcialmente. Una corriente de dos fases se separa en un recipiente de separación en una corriente de vapor enriquecida con nitrógeno y una corriente líquida que contiene esencialmente todos los hidrocarburos más pesados. La corriente de vapor enriquecida con nitrógeno se transporte al sistema PSA como el gas de alimentación.

En los procesos de adsorción de oscilación de presión es deseable reducir al mínimo la cantidad del gas producto utilizado para la depuración y represurización con el fin de aumentar la recuperación del producto. Esto puede ser difícil en muchos casos debido a la composición del gas de alimentación, los requisitos de pureza del producto y los requisitos de recuperación del producto. En la mayoría de los procesos de adsorción de oscilación de presión, por Ejemplo, hay un equilibrio entre la pureza del producto y la recuperación del producto, en el que un aumento de la pureza del producto se acompaña de una disminución en la recuperación del producto. Hay una necesidad en la técnica de ciclos de proceso mejorados que permitan aumentar la recuperación del producto a niveles de pureza del producto superiores, y esta necesidad se abarca por la invención que se describe a continuación y que se define por las reivindicaciones que siguen.

**Breve resumen de la invención**

La invención incluye una etapa del proceso en un de proceso de adsorción de oscilación de presión que utiliza múltiples lechos adsorbentes paralelos que operan en etapas del proceso cíclicas para recuperar un componente

adsorbible con menor intensidad a partir de una mezcla de gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con menor intensidad y al menos un componente adsorbible con mayor intensidad, en la que cada lecho adsorbente tiene un extremo de alimentación y un extremo de producto, en la que cada lecho se somete a al menos una etapa de alimentación/producto, una o más etapas de despresurización, una etapa de depuración en la que se introduce un gas de depuración enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad en el extremo de producto del lecho y un gas efluente de depuración se retira del extremo de alimentación del lecho, y una o más etapas de represurización. La etapa del proceso consiste en introducir al menos una parte del gas efluente de depuración de un primer lecho adsorbente en el extremo de alimentación de un segundo lecho adsorbente en cualquier otro momento diferente a la etapa de alimentación/producto en el segundo lecho adsorbente.

El proceso de adsorción de oscilación de presión para la recuperación de un componente adsorbible con menor intensidad a partir de una mezcla de gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con menor intensidad y al menos un componente adsorbible con mayor intensidad, consiste en realizar los etapas del proceso cíclicas en una pluralidad de lechos adsorbentes, teniendo cada lecho un extremo de alimentación, un extremo de producto, y un material adsorbente que absorbe selectivamente el componente adsorbible con mayor intensidad, procediendo cada lecho, a su vez, a través de las etapas del proceso cíclicas que incluyen una etapa de alimentación/producto, una o más etapas de despresurización en las que el gas se retira del lecho a la presión cada vez menor, una etapa de depuración en la que un gas de depuración enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad se introduce en el extremo de producto del lecho y un gas efluente de depuración se retira del extremo de alimentación del lecho, y una o más etapas de represurización en las que el gas se introduce en el lecho a una presión cada vez mayor. Una o más etapas de represurización consisten en introducir al menos una parte del gas efluente de depuración retirado del extremo de alimentación de un primer lecho en el extremo de alimentación de un segundo lecho en cualquier otro momento diferente a la etapa de alimentación/producto en el segundo lecho adsorbente.

El proceso de adsorción de oscilación de presión para la separación de un gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con mayor intensidad, y al menos un componente adsorbible con menor intensidad comprende preferiblemente las etapas de:

(1) introducir el gas de alimentación en un extremo de alimentación de un primer lecho adsorbente que contiene material adsorbente que absorbe preferentemente el componente adsorbible con mayor intensidad y retirar de un extremo de producto del primer lecho adsorbente un gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad;

(2) continuar introduciendo el gas de alimentación en el primer lecho adsorbente y retirar el gas producto del primer lecho adsorbente, e introducir una parte del gas producto en el extremo de producto de un segundo lecho que se somete a una etapa de represurización;

(3) terminar la introducción del gas de alimentación en el primer lecho adsorbente y retirar el gas producto del primer lecho adsorbente, retirar el gas de despresurización de su extremo de producto, e introducir el gas de despresurización retirado del extremo de producto del mismo en el extremo de producto de un tercer lecho adsorbente que se somete a una etapa de represurización;

(4) retirar el gas de despresurización adicional del extremo de producto del primer lecho adsorbente e introducir el gas de despresurización retirado del mismo en el extremo de producto de un cuarto lecho adsorbente que se somete a una etapa de depuración;

(5) evacuar el gas del extremo de alimentación del primer lecho adsorbente;

(6) introducir un gas de depuración en el extremo de producto del primer lecho adsorbente sin dejar de evacuar el gas del extremo de alimentación del mismo, e introducir al menos una parte del gas evacuado del extremo de alimentación del mismo en el extremo de alimentación del cuarto lecho adsorbente que se somete a una etapa de represurización;

(7) introducir un gas de represurización en el extremo de producto del primer lecho adsorbente, en el que el gas de represurización se proporciona mediante el gas de despresurización retirado del tercer lecho adsorbente que se somete a una etapa de despresurización;

(8) introducir el gas de represurización adicional en el extremo de producto del primer lecho adsorbente, en el que el gas de represurización adicional se proporciona por una parte del gas producto retirado del cuarto lecho adsorbente que se somete a una etapa de alimentación/producto, e introducir un gas efluente de depuración en el extremo de alimentación del primer lecho adsorbente, en el que el gas efluente de depuración se proporciona por una porción del gas evacuado del extremo de alimentación del segundo lecho adsorbente que se somete a una etapa de depuración; y

(9) repetir las etapas (1) a (8) de una manera cíclica.

La invención incluye un sistema de absorción de oscilación de presión para la separación de un gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con mayor intensidad y al menos un componente adsorbible con menor intensidad, en el que el sistema comprende

5 (a) una pluralidad de recipientes de adsorción, teniendo cada recipiente de adsorción un extremo de alimentación, un extremo de producto, y un lecho de material adsorbente que contiene al menos un adsorbente adaptado para absorber selectivamente el componente adsorbible con mayor intensidad;

10 (b) tuberías y válvulas adaptadas para introducir un gas de alimentación en el extremo de alimentación de cada recipiente de adsorción y para retirar un gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad del extremo de producto de cada recipiente de adsorción, y

15 (c) tuberías y válvulas adaptadas para transferir un gas de despresurización enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad del extremo de producto de un primer recipiente de adsorción al extremo de producto de un segundo recipiente de adsorción y transferir un gas efluente de depuración del extremo de alimentación del segundo recipiente de adsorción en el extremo de alimentación de un tercer recipiente de adsorción en cualquier momento, excepto durante una etapa de alimentación/producto en el tercer recipiente de adsorción.

20 (d) una bomba adaptada para transferir el gas efluente de depuración (E/PPR) del extremo de alimentación del segundo recipiente de adsorción (3) al extremo de alimentación del tercer recipiente de adsorción (2) para volver a presurizar el tercer recipiente de adsorción (2).

25 El sistema de adsorción de oscilación de presión para la separación de un gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con mayor intensidad y al menos un componente adsorbible con menor intensidad, comprende preferiblemente

30 (a) cuatro recipientes de adsorción, teniendo cada recipiente de adsorción un extremo de alimentación, un extremo de producto, y un lecho de material adsorbente que contiene al menos un adsorbente adaptado para absorber selectivamente el componente adsorbible con mayor intensidad; y

(b) tuberías y válvulas adaptadas para

35 (1) introducir un gas de alimentación en el extremo de alimentación de un primer recipiente de adsorción y retirar un gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad procedente del extremo de producto del primer recipiente de adsorción;

40 (2) transferir una parte del gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad en el extremo de producto de un segundo recipiente de adsorción;

(3) retirar el gas de despresurización del extremo de producto del primer recipiente de adsorción e introducir el gas de despresurización retirado en el extremo de producto de un tercer recipiente de adsorción;

45 (4) retirar el gas de despresurización del extremo de producto del primer recipiente de adsorción e introducir el gas retirado en el extremo de producto de un cuarto recipiente de adsorción;

50 (5) retirar el gas del extremo de alimentación del primer recipiente de adsorción mediante el uso de una bomba de vacío o soplador y descargar el gas retirado como gas de desecho;

(6) introducir el gas de depuración en el extremo de producto del primer recipiente de adsorción, en el que el gas de depuración se proporciona procedente del segundo recipiente de adsorción, mientras que evacua el primer recipiente de adsorción del extremo de alimentación e introducir al menos una parte del gas efluente de depuración evacuado en el extremo de alimentación del cuarto recipiente de adsorción

60 (7) presurizar el primer recipiente de adsorción introduciendo el gas de represurización en el extremo de producto del primer recipiente de adsorción, en el que el gas de represurización se proporciona por el tercer recipiente de adsorción; y

65 (8) presurizar el primer recipiente de adsorción introduciendo el gas producto obtenido a partir del cuarto recipiente de adsorción en el extremo de producto del primer recipiente de adsorción e introducir el gas efluente de depuración en el extremo de alimentación del primer recipiente de adsorción, en el que se obtiene el gas efluente de depuración del segundo recipiente de adsorción.

### Breve descripción de varias vistas de los dibujos

La Figura 1 es una representación esquemática del flujo de gas hacia y desde un lecho adsorbente durante las etapas del ciclo de PSA de una realización de la invención.

La Figura 2 es una representación esquemática de las relaciones del flujo de gas entre los cuatro lechos adsorbente durante dos períodos de tiempo en las etapas del ciclo de PSA de la realización de la Figura 1.

La Figura 3 es un gráfico de presión frente al tiempo en el extremo de entrada de un lecho dado para los Ejemplos 1, 2 y 3.

### Descripción detallada de la invención

Las realizaciones de la invención utiliza un ciclo del proceso de adsorción de oscilación de presión para separar las mezclas de gases en el que se utiliza al menos una parte del gas efluente de depuración de un lecho adsorbente que se somete a una etapa de depuración para volver a presurizar otro lecho adsorbente en cualquier otro momento, diferente a una etapa de alimentación/producto en otro lecho adsorbente. El proceso se puede utilizar, por Ejemplo, para aumentar la recuperación de oxígeno de alta pureza del aire utilizando una pluralidad de absorbedores operados de acuerdo con un ciclo de proceso mejorado.

En la presente descripción, la expresión gas producto significa un gas de suficiente pureza de producto retirado del lecho adsorbente que se envía, con o sin almacenamiento intermedio, para un uso final. Una etapa de alimentación/producto se define como la introducción del gas de alimentación en el extremo de alimentación del lecho y la retirada del gas producto del extremo de producto de un lecho. Aunque la presión puede aumentar en el lecho durante esta etapa, esta etapa es diferente a la etapa de represurización definida a continuación. La despresurización se define como la retirada de gas de un lecho adsorbente acompañada por la disminución de la presión del lecho. La despresurización se puede lograr ventilando gas de una presión superior a la atmosférica directamente a la atmósfera o transfiriendo gas a otro recipiente del proceso o volumen cerrado que está a una menor presión. La despresurización se puede lograr también mediante la evacuación, que se define como la retirada de gas del lecho mediante una bomba de vacío o soplador. La evacuación puede llevarse a cabo a través de cualquier rango de presiones del lecho, pero por lo general se lleva a cabo a una presión inferior a la atmosférica, es decir, al vacío. La represurización se define como la introducción del gas en el recipiente que contiene el lecho adsorbente junto con un aumento de presión en el lecho mayor en cualquier otro momento, diferente a la etapa de alimentación/producto. La transferencia del gas de despresurización de un recipiente para su uso como gas de represurización en otro recipiente se describe a menudo en la técnica como compensación de la presión, a pesar de que las presiones en los dos lechos, no son necesariamente iguales al final de la etapa.

La depuración se define como la introducción de un gas de depuración en el extremo de producto del recipiente, mientras que un gas efluente de depuración se retira del extremo de alimentación del recipiente. La depuración puede llevarse a cabo a una presión del lecho que disminuye cada vez más, a una presión de lecho que aumenta cada vez más, a una presión de lecho constante, o cualquier combinación de los mismos. La depuración es por lo general más eficaz a presiones inferiores a la atmosférica cuando el producto de interés es el componente absorbible con menor intensidad. El gas de depuración, cuando se utiliza en un proceso de adsorción de oscilación de presión para recuperar un componente adsorbible con menor intensidad de una mezcla de gas de alimentación que comprende al menos un componente absorbible con menor intensidad y al menos un componente adsorbible con mayor intensidad, se define como cualquier gas enriquecido en el componente absorbible con menor intensidad. La concentración del componente absorbible con mayor intensidad en el gas efluente de depuración es mayor que en el gas de depuración. La represurización de depuración se define como la transferencia de al menos una parte del gas efluente de depuración del extremo de alimentación de un lecho adsorbente que se somete a la etapa de depuración a el extremo de alimentación de otro lecho que se somete a una etapa de represurización en cualquier otro momento, diferente a la etapa de alimentación/producto.

El término "enriquecido", como se ha aplicado a una corriente de gas en un proceso de adsorción de oscilación de presión significa que la corriente de gas contiene una concentración de un componente que es mayor que la concentración de ese componente en el gas de alimentación. Gas del espacio vacío se define como un gas no adsorbido contenido en el volumen intersticial o entre partículas dentro del recipiente de adsorción, e incluye el gas en las tuberías y el volumen muerto del recipiente que no está ocupado por adsorbente. El aire atmosférico es el aire no comprimido obtenido directamente de la atmósfera circundante.

La selectividad de la Ley de Henry describe la selectividad de un adsorbente dado para la separación de un primer componente de un segundo componente en una mezcla de gases que contiene los dos componentes. La Selectividad de la Ley de Henry se define como la relación de la constante de la Ley para el primer componente adsorbido en el material adsorbente en las condiciones seleccionadas con respecto a la constante de la Ley de Henry para el segundo componente adsorbido en el mismo material adsorbente en las mismas condiciones. La constante de la Ley de Henry se define como la pendiente inicial de la isoterma que describe la cantidad del componente adsorbido en función de la presión del gas, preferentemente a una temperatura de referencia de 23°C.

5 Las expresiones "adsorbible con mayor intensidad" y " adsorbible con menor intensidad ", cuando se utilizan para describir los componentes de una mezcla de gases separados por un proceso de adsorción de presión o al vacío, describen las características relativas de adsorción de los componentes de la mezcla de gas en el material absorbente en el lecho adsorbente. La capacidad de adsorción de equilibrio del material adsorbente para el componente adsorbible con mayor intensidad (como un componente puro) es mayor que la capacidad de adsorción de equilibrio del material adsorbente para el componente adsorbible con menor intensidad (como un componente puro) a la temperatura y presión media del proceso.

10 Los artículos indefinidos "un" y "uno/una" como se ha usado aquí significan uno o más cuando se aplica a cualquier elemento en las realizaciones de la presente invención descritos en la memoria descriptiva y reivindicaciones. El uso de "un" y "uno/una" no limita el significado de un único elemento, salvo que por el contrario se especifique dicho límite. El artículo definido "el/la y/o los/las" que precede a los sustantivos singulares o plurales o sintagmas nominales denota una característica particular especificada o características particulares especificadas y puede tener una connotación singular o plural dependiendo del contexto en el que se utiliza. El adjetivo "cualquier/cualquiera" se refiere a uno, algunos o todos indiscriminadamente de cualquier cantidad. El término "y/o" colocado entre una primera entidad y una segunda entidad significa una de la (1) primera entidad, (2) la segunda entidad, y (3) la primera entidad y la segunda entidad.

20 La expresión genérica "adsorción de oscilación de presión" (PSA) como se usa aquí se aplica a todos los sistemas de separación de adsorción que funcionan entre un máximo y un mínimo de presión. La presión máxima es típicamente superior a la atmosférica y la presión mínima puede ser superior a la atmosférica o inferior a la atmosférica. Cuando la presión mínima es inferior a la atmosférica y la presión máxima es superior a la atmosférica, el sistema normalmente se describe como sistema de adsorción de oscilación de presión al vacío (PVSA). Cuando la presión máxima es igual o inferior a la presión atmosférica y la presión mínima está por debajo de la presión atmosférica, el sistema suele ser descrito como un sistema de adsorción de oscilación al vacío (VSA).

25 En todas las realizaciones, el gas de alimentación contiene al menos un componente adsorbible con mayor intensidad y al menos un componente adsorbible con menor intensidad, y el gas producto se enriquece en el componente adsorbible con menor intensidad en relación con el gas de alimentación por la adsorción del componente adsorbible con mayor intensidad. El componente adsorbible con mayor intensidad se retira del absorbente mediante las etapas de despresurización, evacuación y depuración como se describe a continuación. El gas de alimentación puede estar por debajo, a o por encima de la presión atmosférica.

35 Las realizaciones de la presente invención se pueden realizar utilizando una pluralidad de lechos adsorbentes que operan en etapas cíclicas y se pueden utilizar para separar cualquier mezcla de gas que comprende los componentes adsorbibles con mayor y menor intensidad. Las realizaciones se pueden utilizar en cualquier proceso de separación de PSA incluyendo los procesos de PVSA y VSA. El uso del gas efluente de depuración para la represurización se puede aplicar por tanto a cualquier proceso de PSA, VSA, o PVSA para la separación de cualquier mezcla de gas. Ciertas realizaciones que se describen a continuación son especialmente útiles para la recuperación de un producto de oxígeno a partir de aire u otras mezclas de oxígeno con argón y/o nitrógeno, y estas realizaciones pueden proporcionar un producto de oxígeno a grados de pureza superiores al 97% en volumen y, posiblemente, por encima del 99% en volumen.

45 Una realización ejemplar de la invención utiliza cuatro lechos adsorbentes y se ilustra con etapas del ciclo de la Tabla 1 y el gráfico del ciclo de la Tabla 2. Las definiciones de cada etapa del ciclo se dan en la Tabla 1, a continuación, para un primer lecho, en el que el primer al cuarto lechos corresponde a lechos 1 a 4 de la Tabla 2.

Tabla 1

Descripciones de las Etapas del Ciclo		
No. De Etapa	Etapas del Ciclo	Descripción
1	Alimentación/Producto	introducir el gas de alimentación en el extremo de alimentación de un primer lecho y retirar el gas producto del extremo de producto del primer lecho
2	Alimentación/Producto + Proporcionar Represurización del Producto	introducir el gas de alimentación en el extremo de alimentación del primer lecho, retirar el gas producto del extremo de producto del primer lecho, y utilizar una parte del gas producto para volver a presurizar un segundo lecho que se somete a la etapa 8

Descripciones de las Etapas del Ciclo		
No. De Etapa	Etapa del Ciclo	Descripción
3	Proporcionar Compensación de Presión	retirar el gas de despresurización procedente del extremo de producto del primer lecho e introducir el gas retirado en el extremo de producto de un tercer lecho que se somete a la etapa 7
4	Proporcionar Depuración	retirar el gas de despresurización del extremo de producto del primer lecho e introducir el gas retirado en el extremo de producto de un cuarto lecho que se somete a la etapa 6
5	Evacuación	retirar el gas del extremo de alimentación del primer lecho mediante el uso de una bomba de vacío o soplador y descargar el gas retirado como gas de desecho
6	Recibir depuración + Evacuar/Proporcionar Represurización de Depuración	introducir el gas de depuración en el extremo de producto del primer lecho, en el que el gas de depuración se proporciona desde el segundo lecho que se somete a la etapa 4, mientras que se evacúa el primer lecho del extremo de alimentación y se introduce al menos una parte del gas efluente de depuración evacuado en el extremo de alimentación del cuarto lecho que se somete a la etapa 8
7	Recibir Compensación de Presión	presurizar el primer lecho introduciendo el gas de represurización en el extremo de producto del primer lecho en el que el gas de represurización se proporciona por el tercer lecho que se somete a la etapa 3
8	Recibir Represurización del Producto + Recibir Represurización de Depuración	presurizar el primer lecho introduciendo el gas producto obtenido a partir del cuarto lecho en la etapa 2 en el extremo de producto del primer lecho e introducir el gas efluente de depuración en el extremo de alimentación del primer lecho en el que el gas efluente de depuración se obtiene a partir del segundo lecho que se somete a la etapa 6

Tabla 2

Gráfico del ciclo								
Lecho	Etapa del Ciclo							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	7	8	1	2	3	4	5	6
3	5	6	7	8	1	2	3	4
4	3	4	5	6	7	8	1	2
Periodo de Tiempo	T1	T24	T3	T4	T5	T6	T7	T8

5 Una etapa de purga opcional se puede utilizar durante al menos una parte de las etapas 4 y/o después de la etapa 4 antes de la etapa 5, en la que se ventila directamente a la atmósfera desde el extremo de alimentación del lecho hasta que el lecho alcanza la presión aproximadamente atmosférica, momento en el que comienza la etapa de evacuación 5.

Un diagrama de flujo esquemático del lecho 1 se muestra en la Figura 1 para ilustrar este lecho que se somete a las

etapas 1 a 8 de repetición secuencial. Lechos 2, 3 y 4 han procedido a través de la misma secuencia de etapas durante periodos de tiempo escalonados, como se muestra en la Tabla 2. La Figura 2 ilustra las relaciones de flujo de gas entre los Lechos 1, 2, 3 y 4 durante los periodos de tiempo T1 y T2. Relaciones de flujo de gas similares se producen de forma secuencial entre los cuatro lechos durante los periodos de tiempo T3 a T8. Este ciclo del proceso puede llevarse a cabo utilizando un sistema de adsorción de oscilación de presión/al vacío adecuado que comprende un compresor o soplador de alimentación, una bomba de vacío o soplador, adsorbente, cuatro recipientes de adsorción, tuberías y los sistemas de control de flujo. Tales sistemas de PVSA son bien conocidos en la técnica de separación de gas de adsorción. Si el gas de alimentación se encuentra disponible a una presión adecuada, un compresor o soplador de alimentación no será necesario. El gas de alimentación, el gas producto, y los flujos de gas entre los lechos se pueden controlar por cualquier sistema de válvulas y colector apropiado conocido en la técnica. Por Ejemplo, el sistema puede utilizar múltiples válvulas de bola operadas por controladores para llevar a cabo las etapas del ciclo adecuado. Por otra parte, una o más válvulas rotativas se pueden utilizar para este propósito. Una válvula rotativa ejemplar que se puede utilizar aquí se describe, por Ejemplo, en la solicitud de patente de Estados Unidos con N° de serie 10/197.859 presentada el 5 de agosto de 2005, cuya aplicación se incorpora al presente por referencia.

Aunque la realización anterior ilustra un ciclo de PVSA que utiliza cuatro lechos, son posibles otros ciclos que incluyen la función de utilizar un gas efluente de depuración de un lecho para volver a presurizar otro lecho. Por Ejemplo, se pueden utilizar dos o tres lechos con las etapas del ciclo correspondientes, pero uno o más tanques de almacenamiento de gas pueden necesitarse. Más de cuatro lechos se pueden utilizar si se desean etapas adicionales de compensación de presión.

El proceso descrito anteriormente es particularmente útil para la recuperación de oxígeno de alta pureza (es decir, que contenga más del 97% en volumen de oxígeno) del aire o de otras mezclas de oxígeno con argón y/o nitrógeno en el que la etapa de represurización del gas efluente de depuración permite que el oxígeno se recupere al menos en un 10%. Además, el uso del gas efluente de depuración para volver a presurizar un lecho reduce la cantidad de gas producto utilizado para la represurización. Dado que el gas producto se encuentra a una presión más alta que el gas efluente de depuración, el uso de la represurización del efluente de depuración ahorra energía de compresión y reduce los requisitos globales de la energía del proceso. Además, el proceso descrito anteriormente permite el uso de adsorbentes que tienen una selectividad de la Ley de Henry de oxígeno más baja que la que se usa típicamente en adsorbentes en los sistemas de PVSA para recuperar el oxígeno del aire o de otro gas que contiene oxígeno. Los adsorbentes utilizados en las diversas realizaciones de la invención pueden tener una selectividad de la Ley de Henry para el componente adsorbible con mayor intensidad con respecto al componente adsorbible con menor intensidad menor que aproximadamente 2,0 y, posiblemente, menor que aproximadamente 1,5. En la separación de aire para obtener un producto de oxígeno de alta pureza, el componente adsorbible con mayor intensidad es el argón y el componente adsorbible con menor intensidad es el oxígeno.

Cualquier adsorbente o combinación de adsorbentes que absorba selectivamente nitrógeno y/o argón se puede utilizar en el proceso descrito anteriormente para la recuperación de oxígeno del aire o de otras mezclas de oxígeno con argón y/o nitrógeno. Un lecho adsorbente ejemplar utilizado en este proceso para la recuperación de oxígeno de cualquiera de estas mezclas de gases puede contener una combinación de adsorbentes que incluye la alúmina activada, NaX, NaKLSX (sílice baja X) o combinaciones de los mismos como una zona de pretratamiento para la eliminación del agua, dióxido de carbono y otras impurezas, seguida de una capa opcional de zeolita LiX o LiLSX, y seguida después por una capa de zeolita AgLiLSX. Las zeolitas AgLiLSX ejemplares que se pueden utilizar en este proceso se desvelan en la Patente de Estados Unidos 6.432.170, que se incorpora en la presente memoria descriptiva por referencia.

Durante el desarrollo de las presentes realizaciones para la recuperación de oxígeno de alta pureza a partir de aire, se ha encontrado que la concentración de oxígeno en el gas efluente de depuración durante la última parte de la etapa de depuración es mayor que en el aire ambiente. Puesto que la bomba de vacío se puede hacer funcionar a cualquier presión de descarga deseada, el gas efluente de depuración descargado se puede utilizar para la represurización como se ha descrito anteriormente. Al menos una parte del gas efluente de depuración se utiliza para volver a presurizar un lecho adsorbente en cualquier otro momento, diferente a la etapa de alimentación/producto del lecho, y todo el gas efluente de depuración se puede utilizar para la represurización, si se desea.

En un proceso de PVSA típico para recuperar el oxígeno del aire, la proporción de depuración con respecto a la alimentación (P/F) se mantiene en o cerca de un valor de diseño seleccionado que depende de diferentes parámetros de funcionamiento, tales como la pureza del oxígeno. La proporción de depuración con respecto a la alimentación (P/F) se define como la relación entre el volumen real del gas retirado del extremo de alimentación del lecho durante un ciclo con respecto al volumen real del gas introducido en el extremo de alimentación de un lecho durante ese ciclo. El volumen real se define como el valor integrado en el curso de una etapa específica, utilizando los valores instantáneos de la tasa de flujo molar, temperatura y presión. La relación P/F se puede ilustrar con referencia a la Figura 1 como el cociente entre la suma de los volúmenes reales de los gases retirados del extremo de alimentación del lecho 1 durante las etapas 5 y 6 entre la suma de los volúmenes reales de gases introducidos en el extremo de alimentación del lecho 1 durante las etapas 1, 2, y 8.

La relación depuración – alimentación en la recuperación del oxígeno del aire es generalmente mayor que aproximadamente 1,5 y puede ser superior a aproximadamente 2,5 grados de pureza de producto de oxígeno superiores al 97% en volumen. La relación P/F necesaria aumenta a medida que aumenta la pureza del producto. La relación P/F deseada se puede mantener sólo ventilando la corriente de evacuación o ventilando la corriente de evacuación de la primera parte de la corriente del efluente de depuración (que puede tener una baja concentración de oxígeno). La parte restante de la corriente del efluente de depuración se puede utilizar después para la repesurización. El uso de la totalidad o de una parte de la corriente del efluente de depuración para la repesurización sirve para reciclar una corriente más rica en oxígeno que el gas de alimentación en un lecho, en otro momento distinto a cuando se introduce el gas de alimentación en dicho lecho, es decir, durante la etapa de alimentación/producto. El impacto negativo en la recuperación del producto de oxígeno de una alta relación P/F para un producto de alta pureza con un adsorbente de baja selectividad se compensa en cierta medida por el uso del efluente de depuración para la repesurización.

En el ciclo de las Tablas 1 y 2, la etapa de repesurización 8 se lleva a cabo mediante la introducción simultánea del gas efluente de depuración en el extremo de alimentación de un lecho y el gas producto en el extremo de producto del lecho. Por otra parte, la repesurización del extremo de producto se puede realizar completamente antes o totalmente después de la repesurización del gas de depuración, o el período de repesurización del extremo de producto puede coincidir con el período de repesurización del gas de depuración, según se desee.

Los siguientes Ejemplos ilustran las realizaciones de la presente invención, pero no limitan la invención a ninguno de los detalles específicos descritos en los mismos.

#### Ejemplo 1

Se ha simulado un proceso VPSA utilizando SIMPAC, que es un simulador detallado del proceso de adsorción. SIMPAC considera las isotermas de adsorción de varios componentes, distintos modos de transferencia de masa, numerosas capas adsorbentes, y programas de simulación del proceso generales. Más detalles sobre el SIMPAC se describen en Kumar *et al.*, Chemical Engineering Science, Volumen 49, Número 18, páginas 3115-3125. El ciclo de este Ejemplo es similar a aquél descrito en las Tablas 1 y 2, pero sin la repesurización de la depuración, es decir, todo el gas efluente de depuración evacuado de un lecho en la etapa 6 se ventila en lugar de ser utilizado para volver a presurizar otro lecho. La corriente de repesurización de depuración en la etapa 8 se sustituye con un volumen real equivalente del gas de alimentación para mantener un historial de presión similar en el extremo de entrada del lecho. Cada etapa del ciclo tiene una duración de 1,75 segundos y el tiempo total del ciclo es de 14 segundos. Cada uno de los cuatro lechos adsorbentes tiene un diámetro de 42,7 mm y contiene una primera capa en el extremo de alimentación de material inerte para representar el adsorbente para la eliminación de agua y dióxido de carbono con una profundidad de 43 mm, una segunda capa de LILSX con una profundidad de 25 mm, y una tercera capa de LILSX intercambiada con Ag al40% con una profundidad de 145 mm. El sistema funciona a temperatura de alimentación de 31°C para producir 1,29 litros estándar por minuto (Slpm) de oxígeno con una pureza del 99,0% en moles usando una presión de alimentación de aire máxima de 2,57 atm y una relación de presión en el extremo de alimentación (presión de alimentación máxima con respecto a la presión de evacuación mínima) de 5,05. La relación depuración- alimentación (definida anteriormente) fue de 3,33 y la recuperación del producto de oxígeno fue del 20,85%.

El historial de la presión en el extremo de entrada de cualquier lecho dado en el Ejemplo 1 se proporciona en la Figura 3.

#### Ejemplo 2

La simulación del Ejemplo 1 se repitió para el ciclo descrito en las Tablas 1 y 2, incluyendo la repesurización de la depuración de la etapa 8 en lugar de la repesurización de alimentación. La relación depuración frente a la alimentación fue similar a 3,30. La recuperación de oxígeno aumentó al 23,43%.

El perfil de presión en el extremo de entrada de cualquier lecho dado en el Ejemplo 2 se proporciona en la Figura 3.

#### Ejemplo 3

Una unidad piloto de PVSA de cuatro lechos se hizo funcionar de acuerdo con el ciclo descrito en las Tablas 1 y 2 para obtener muestras de datos de rendimiento para el ciclo. Cada etapa del ciclo tuvo una duración de 1,75 segundos. La unidad piloto consistió en 6 columnas dispuestas en un patrón circular, con bancos de electroválvulas en los extremos de alimentación y de producto de cada columna. Las válvulas se conectaron a un cilindro de metal dentro del círculo de las columnas. Se cortaron canales en el cilindro para asegurar la igualdad de las trayectorias de flujo entre todas las columnas. La unidad estaba totalmente instrumentada para confirmar el cierre de equilibrio de masa y proporcionar una temperatura, presión y caudal de las distintas corrientes. Un controlador lógico programable hizo funcionar el ciclo y registró los datos. Cada lecho estaba contenido en una columna que tenía un diámetro interior de 42,7 mm. Cuatro capas adsorbentes se instalaron en cada columna, que incluían una primera

capa en el extremo de alimentación que contenía malla 20x28 de alúmina activada de Alcan con una profundidad de 26 mm, una segunda capa que contenía zeolita NaX con un diámetro medio de 0,6 mm con una profundidad de 17,0 mm, una tercera capa que contenía zeolita X de sílice baja, con un diámetro de partícula medio de 0,4 mm y una profundidad de 25 mm, y una cuarta capa que contenía AgLiLSX (zeolita X de sílice baja de litio con intercambio de ión de plata al 40%, con un diámetro de partícula medio de 0,4 mm) con una profundidad de 145,0 mm.

La unidad piloto se operó a aproximadamente 31°C para alimentar los lechos para producir 0,70 litros estándar por minuto (Slpm) de oxígeno con una pureza del 98,9% en moles, con una presión de alimentación de aire máxima de 255 KPa (37 psi) y una relación de presión en el extremo de alimentación (presión de alimentación máxima con respecto a la presión de evacuación mínima) de 5,05. La recuperación del producto de oxígeno fue del 15,5%.

El perfil de presión en el extremo de entrada de cualquier lecho dado para el Ejemplo 3 se proporciona en la Figura 3.

Para completar, los diversos aspectos de la invención se establecen en las siguientes cláusulas enumeradas

1. Una etapa del proceso en un de proceso de adsorción de oscilación de presión que utiliza múltiples lechos adsorbentes paralelos que operan en etapas del proceso cíclicas para recuperar un componente adsorbible con menor intensidad y al menos un componente adsorbible con mayor intensidad, en la que cada lecho adsorbente tiene un extremo de alimentación y un extremo de producto, en la que cada lecho se somete a al menos una etapa de alimentación/producto, una o más etapas de despresurización, una etapa de depuración en la que se introduce un gas de depuración enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad en el extremo de producto del lecho y un gas efluente de depuración se retira del extremo de alimentación del lecho, y una o más etapas de represurización, en la que la etapa del proceso consiste en introducir al menos una parte del gas efluente de depuración retirado de un primer lecho adsorbente en el extremo de alimentación de un segundo lecho adsorbente en cualquier otro momento diferente a la etapa de alimentación/producto en el segundo lecho adsorbente.

2. El proceso de la cláusula 1 en el que el gas de depuración se proporciona por un gas de despresurización retirado del extremo de producto de un tercer lecho adsorbente.

3. La etapa del proceso de la cláusula 1, en la que el gas efluente de depuración se retira del extremo de alimentación del primer lecho adsorbente mediante una bomba y al menos una parte de la descarga de la bomba se introduce en el extremo de alimentación del segundo lecho adsorbente.

4. La etapa del proceso de la cláusula 3, en la que la presión en el segundo lecho adsorbente es mayor que la presión en el primer lecho adsorbente durante al menos una parte de la etapa del proceso.

5. El proceso de la cláusula 4, en el que la presión en el primer lecho adsorbente está por debajo de la presión atmosférica durante al menos una parte de la etapa del proceso.

6. El proceso de la cláusula 1, en el que cada lecho adsorbente contiene un adsorbente que tiene una selectividad de la ley de Henry para el componente adsorbible con mayor intensidad sobre el componente adsorbible con menor intensidad menor que aproximadamente 2,0.

7. El proceso de la cláusula 6 en el que la selectividad de la Ley de Henry para el componente adsorbible con mayor intensidad sobre el componente adsorbible con menor intensidad es menor que aproximadamente 1,5.

8. Un proceso de adsorción de oscilación de presión para la recuperación de un componente adsorbible con menor intensidad a partir de una mezcla de gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con menor intensidad y al menos un componente adsorbible con mayor intensidad, en el que el proceso consiste en realizar etapas del proceso cíclicas en una pluralidad de lechos adsorbentes, teniendo cada lecho un extremo de alimentación, un extremo de producto, y un material adsorbente que absorbe selectivamente el componente adsorbible con mayor intensidad, procediendo cada lecho, a su vez, a través de las etapas del proceso cíclicas que incluyen una etapa de alimentación/producto, una o más etapas de despresurización en las que el gas se retira del lecho a la presión cada vez menor, una etapa de depuración en la que un gas de depuración enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad se introduce en el extremo de producto del lecho y un gas efluente de depuración se retira del extremo de alimentación del lecho, y una o más etapas de represurización en las que el gas se introduce en el lecho a una presión cada vez mayor, en el que una o más etapas de represurización consisten en introducir al menos una parte del gas efluente de depuración retirado del extremo de alimentación de un primer lecho en el extremo de alimentación de un segundo lecho en cualquier otro momento diferente a la etapa de alimentación/producto en el segundo lecho adsorbente.

9. El proceso de la cláusula 8 en el que el gas de depuración se proporciona al extremo de producto del

primer lecho por un gas de despresurización retirado del extremo de producto de un tercer lecho adsorbente.

5 10. La etapa del proceso de la cláusula 8 en la que el gas efluente de depuración se retira del extremo de alimentación del primer lecho adsorbente por una bomba y al menos una parte de la descarga de la bomba se introduce en el extremo de alimentación del segundo lecho adsorbente.

10 11. La etapa del proceso de la cláusula 10 en la que la presión en el segundo lecho adsorbente es mayor que la presión en el primer lecho adsorbente durante al menos una parte de la etapa del proceso.

12. El proceso de la cláusula 11 en el que la presión en el primer lecho adsorbente está por debajo de la presión atmosférica durante al menos una parte de la etapa del proceso.

15 13. El proceso de la cláusula 8 en el que el material adsorbente contiene un adsorbente que tiene una selectividad de la ley de Henry para el componente adsorbible con mayor intensidad sobre el componente adsorbible con menor intensidad menor que aproximadamente 2,0.

20 14. El proceso de la cláusula 13 en el que la selectividad de la Ley de Henry para el componente adsorbible con mayor intensidad sobre el componente adsorbible con menor intensidad es menor que aproximadamente 1,5.

25 15. Un proceso de adsorción de oscilación de presión para la separación de un gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con mayor intensidad, y al menos un componente adsorbible con menor intensidad, proceso que comprende las etapas de:

(1) introducir el gas de alimentación en un extremo de alimentación de un primer lecho adsorbente que contiene material adsorbente que absorbe preferentemente el componente adsorbible con mayor intensidad y retirar de un extremo de producto del primer lecho adsorbente un gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad;

30 (2) continuar introduciendo el gas de alimentación en el primer lecho adsorbente y retirar el gas producto del primer lecho adsorbente, e introducir una parte del gas producto en el extremo de producto de un segundo lecho que se somete a una etapa de represurización;

(3) terminar la introducción del gas de alimentación en el primer lecho adsorbente y retirar el gas producto del primer lecho adsorbente, retirar el gas de despresurización de su extremo de producto, e introducir el gas de despresurización retirado del extremo de producto del mismo en el extremo de producto de un tercer lecho adsorbente que se somete a una etapa de represurización;

35 (4) retirar el gas de despresurización adicional del extremo de producto del primer lecho adsorbente e introducir el gas de despresurización retirado del mismo en el extremo de producto de un cuarto lecho adsorbente que se somete a una etapa de depuración;

(5) evacuar el gas del extremo de alimentación del primer lecho adsorbente;

(6) introducir un gas de depuración en el extremo de producto del primer lecho adsorbente sin dejar de evacuar el gas del extremo de alimentación del mismo, e introducir al menos una parte del gas evacuado del extremo de alimentación del mismo en el extremo de alimentación del cuarto lecho adsorbente que se somete a una etapa de represurización;

45 (7) introducir un gas de represurización en el extremo de producto del primer lecho adsorbente, en el que el gas de represurización se proporciona mediante el gas de despresurización retirado del tercer lecho adsorbente que se somete a una etapa de despresurización;

(8) introducir el gas de represurización adicional en el extremo de producto del primer lecho adsorbente, en el que el gas de represurización adicional se proporciona por una parte del gas producto retirado del cuarto lecho adsorbente que se somete a una etapa de alimentación/producto, e introducir un gas efluente de depuración en el extremo de alimentación del primer lecho adsorbente, en el que el gas efluente de depuración se proporciona por al una porción del gas evacuado del extremo de alimentación del segundo lecho adsorbente que se somete a una etapa de depuración; y

55 (9) repetir las etapas (1) a (8) de una manera cíclica.

16. El proceso de la cláusula 15 en el que el gas de alimentación se compone de oxígeno, nitrógeno y argón.

60 17. El proceso de la cláusula 16 en el que el gas de alimentación es aire y el gas producto contiene al menos el 97% en volumen de oxígeno.

18. El proceso de la cláusula 16 en el que el gas de alimentación es aire y el gas producto contiene al menos el 99% en volumen de oxígeno.

65 19. El proceso de la cláusula 16 en el que al menos el 10% del oxígeno en el gas de alimentación se

recupera en el gas producto.

5 20. El proceso de la cláusula 16 en el que el material adsorbente comprende uno o más adsorbentes seleccionados del grupo que consiste en mordenita intercambiada con plata, zeolita X intercambiada con plata, zeolita X de sílice baja intercambiada con plata, y zeolita X de sílice baja con litio parcialmente intercambiada con plata.

10 21. El proceso de la cláusula 16 en el que el material adsorbente contiene un adsorbente selectivo que tiene una selectividad de la ley de Henry para el argón con respecto al oxígeno menor que aproximadamente 2,0.

15 22. El proceso de la cláusula 16 en el que la selectividad de la Ley de Henry para el argón con respecto al oxígeno menor que aproximadamente 1,5.

23. Un sistema de absorción de oscilación de presión para la separación de un gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con mayor intensidad y al menos un componente adsorbible con menor intensidad, que comprende

20 (a) una pluralidad de recipientes de adsorción, teniendo cada recipiente de adsorción un extremo de alimentación, un extremo de producto, y un lecho de material adsorbente que contiene al menos un adsorbente adaptado para absorber selectivamente el componente adsorbible con mayor intensidad;

25 (b) tuberías y válvulas adaptadas para introducir un gas de alimentación en el extremo de alimentación de cada recipiente de adsorción y para retirar un gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad del extremo de producto de cada recipiente de adsorción, y

30 (c) tuberías y válvulas adaptadas para transferir un gas de despresurización enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad del extremo de producto de un primer recipiente de adsorción al extremo de producto de un segundo recipiente de adsorción y transferir un gas efluente de depuración del extremo de alimentación del segundo recipiente de adsorción en el extremo de alimentación de un tercer recipiente de adsorción en cualquier momento, excepto durante una etapa de alimentación/producto en el tercer recipiente de adsorción.

35 24. El sistema de absorción de oscilación de presión de la cláusula 23 que comprende las tuberías y válvulas adaptadas para transferir una porción del gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad en el extremo de producto del tercer recipiente de adsorción.

40 25. El sistema de absorción de oscilación de presión de la cláusula 23 que comprende una bomba adaptada para transferir el gas efluente de depuración del extremo de alimentación del segundo recipiente de adsorción en el extremo de alimentación del tercer recipiente de adsorción.

45 26. Un sistema de adsorción de oscilación de presión para la separación de un gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con mayor intensidad y al menos un componente adsorbible con menor intensidad, que comprende

50 (a) cuatro recipientes de adsorción, teniendo cada recipiente de adsorción un extremo de alimentación, un extremo de producto, y un lecho de material adsorbente que contiene al menos un adsorbente adaptado para absorber selectivamente el componente adsorbible con mayor intensidad; y

(b) tuberías y válvulas adaptadas para

55 (1) introducir un gas de alimentación en el extremo de alimentación de un primer recipiente de adsorción y retirar un gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad procedente del extremo de producto del primer recipiente de adsorción;

60 (2) transferir una parte del gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad en el extremo de producto de un segundo recipiente de adsorción;

65 (3) retirar el gas de despresurización del extremo de producto del primer recipiente de adsorción e introducir el gas de despresurización retirado en el extremo de producto de un tercer recipiente de adsorción;

- (4) retirar el gas de despresurización del extremo de producto del primer recipiente de adsorción e introducir el gas retirado en el extremo de producto de un cuarto recipiente de adsorción;
- 5 (5) retirar el gas del extremo de alimentación del primer recipiente de adsorción mediante el uso de una bomba de vacío o soplador y descargar el gas retirado como gas de desecho;
- 10 (6) introducir el gas de depuración en el extremo de producto del primer recipiente de adsorción, en el que el gas de depuración se proporciona procedente del segundo recipiente de adsorción, mientras que evacua el primer recipiente de adsorción del extremo de alimentación e introducir al menos una parte del gas efluente de depuración evacuado en el extremo de alimentación del cuarto recipiente de adsorción
- 15 (7) presurizar el primer recipiente de adsorción introduciendo el gas de represurización en el extremo de producto del primer recipiente de adsorción, en el que el gas de represurización se proporciona por el tercer recipiente de adsorción; y
- 20 (8) presurizar el primer recipiente de adsorción introduciendo el gas producto obtenido a partir del cuarto recipiente de adsorción en el extremo de producto del primer recipiente de adsorción e introducir el gas efluente de depuración en el extremo de alimentación del primer recipiente de adsorción, en el que se obtiene el gas efluente de depuración del segundo recipiente de adsorción.
- 25 27. El sistema de absorción de oscilación de presión de la cláusula 26 que comprende una bomba adaptada para transferir el gas efluente de depuración del extremo de alimentación del primer recipiente de adsorción en el extremo de alimentación del cuarto recipiente de adsorción.
- 30 28. El sistema de absorción de oscilación de presión de la cláusula 27 en el que el adsorbente se adapta para absorber selectivamente el nitrógeno y el argón del aire y tiene una selectividad de la Ley de Henry para el argón con respecto al oxígeno menor que aproximadamente 2,0.
- 35 29. El sistema de absorción de oscilación de presión de una cualquiera de la cláusula 27 en el que el material adsorbente comprende uno o más adsorbentes seleccionados del grupo que consiste en mordenita intercambiada con plata, zeolita X intercambiada con plata, zeolita X de sílice baja intercambiada con plata, y zeolita X de sílice baja con litio parcialmente intercambiada con plata.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso de adsorción de oscilación de presión para la recuperación o separación de un componente adsorbible con menor intensidad a partir de una mezcla de gases de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con menor intensidad y al menos un componente adsorbible con mayor intensidad, en el que el proceso comprende realizar etapas del proceso cíclicas en múltiples lechos adsorbentes paralelos, teniendo cada lecho un extremo de alimentación, un extremo de producto, y un material adsorbente que adsorbe selectivamente el componente adsorbible con mayor intensidad, procediendo cada lecho a su vez a través de las etapas del proceso cíclicas que incluyen
- una etapa de alimentación/producto,
  - una o más etapas de despresurización en las que el gas se retira del lecho a la presión cada vez menor,
  - una etapa de depuración en la que un gas de depuración (RP) obtenido de otro lecho que se somete a una etapa de despresurización y enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad en relación con la mezcla de gases de alimentación se introduce en el extremo de producto del lecho y un gas efluente de depuración (E/PPR) se retira del extremo de alimentación del lecho,
  - y una o más etapas de represurización en las que el gas se introduce en el lecho a una presión cada vez mayor,
- caracterizado por que**
- una de las etapas de represurización comprende introducir al menos una porción del gas efluente de depuración (E/PPR) retirado del extremo de alimentación de un primer lecho en el extremo de alimentación de un segundo para volver a presurizar el segundo lecho adsorbente durante una etapa de represurización en cualquier otro momento diferente a la etapa de alimentación/producto en el segundo lecho adsorbente.
2. El proceso de la reivindicación 1 en el que el gas de depuración (RP) se proporciona por un gas de despresurización retirado del extremo de producto de un tercer lecho adsorbente.
3. El proceso de la reivindicación 1 ó 2, en el que el gas efluente de depuración (E/PPR) se retira del extremo de alimentación del primer lecho adsorbente mediante una bomba y al menos una parte de la descarga de la bomba se introduce en el extremo de alimentación del segundo lecho adsorbente.
4. El proceso de la reivindicación 3, en el que la presión en el segundo lecho adsorbente es mayor que la presión en el primer lecho adsorbente durante al menos una parte de la etapa del proceso.
5. El proceso de la reivindicación 4, en el que la presión en el primer lecho adsorbente está por debajo de la presión atmosférica durante al menos una parte de la etapa del proceso.
6. Un proceso de adsorción de oscilación de presión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 para la separación de un gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con mayor intensidad, y al menos un componente adsorbible con menor intensidad, proceso que comprende las etapas de:
- (1) introducir el gas de alimentación (F) en un extremo de alimentación de un primer lecho adsorbente que contiene material adsorbente que absorbe preferentemente el componente adsorbible con mayor intensidad y retirar de un extremo de producto del primer lecho adsorbente un gas producto (P) enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad;
  - (2) continuar introduciendo el gas de alimentación (F) en el primer lecho adsorbente y retirar el gas producto (P) del primer lecho adsorbente, e introducir una parte (RRP) del gas producto en el extremo de producto de un segundo lecho que se somete a una etapa de represurización;
  - (3) terminar la introducción del gas de alimentación en el primer lecho adsorbente y retirar el gas producto del primer lecho adsorbente, retirar el gas de despresurización (PPE) de su extremo de producto, e introducir el gas de despresurización retirado del extremo de producto del mismo en el extremo de producto de un tercer lecho adsorbente que se somete a una etapa de represurización;
  - (4) retirar el gas de despresurización (PP) adicional del extremo de producto del primer lecho adsorbente e introducir el gas de despresurización retirado del mismo en el extremo de producto de un cuarto lecho adsorbente que se somete a una etapa de depuración;
  - (5) evacuar el gas (E) del extremo de alimentación del primer lecho adsorbente;
  - (6) introducir un gas de depuración (RP) en el extremo de producto del primer lecho adsorbente sin dejar de evacuar el gas (E/PPR) del extremo de alimentación del mismo, e introducir al menos una parte del gas (E/PPR) evacuado del extremo de alimentación del mismo en el extremo de alimentación del cuarto lecho adsorbente que se somete a una etapa de represurización;
  - (7) introducir un gas de represurización (RPE) en el extremo de producto del primer lecho adsorbente, en el que el gas de represurización se proporciona mediante el gas de despresurización (PPE) retirado del tercer lecho adsorbente que se somete a una etapa de despresurización;
  - (8) introducir el gas de represurización (RRP) adicional en el extremo de producto del primer lecho adsorbente, en el que el gas de represurización adicional se proporciona por una parte (PRP) del gas

- 5 producto retirado del cuarto lecho adsorbente que se somete a una etapa de alimentación/producto, e introducir un gas efluente de depuración (RPR) en el extremo de alimentación del primer lecho adsorbente, en el que el gas efluente de depuración se proporciona por al una porción del gas (E/PPR) evacuado del extremo de alimentación del segundo lecho adsorbente que se somete a una etapa de depuración; y (9) repetir las etapas (1) a (8) de una manera cíclica.
7. El proceso de la reivindicación 6 en el que el gas de alimentación se compone de oxígeno, nitrógeno y argón.
- 10 8. El proceso de la reivindicación 7 en el que el gas de alimentación es aire y el gas producto contiene al menos el 97% en volumen de oxígeno, en particular al menos el 99% en volumen de oxígeno.
9. El proceso de la reivindicación 7 u 8 en el que al menos el 10% del oxígeno en el gas de alimentación se recupera en el gas producto.
- 15 10. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 7a 9 en el que el material adsorbente comprende uno o más adsorbentes seleccionados del grupo que consiste en mordenita intercambiada con plata, zeolita X intercambiada con plata, zeolita X de sílice baja intercambiada con plata, y zeolita X de sílice baja con litio parcialmente intercambiada con plata.
- 20 11. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 en el que cada lecho adsorbente contiene un adsorbente que tiene una selectividad de la ley de Henry para el componente adsorbible con mayor intensidad con respecto al componente adsorbible con menor intensidad menor que aproximadamente 2,0, en particular menor que aproximadamente 1,5.
- 25 12. El proceso de la reivindicación 7 en el que el material adsorbente contiene un adsorbente que tiene una selectividad de la ley de Henry para el argón con respecto al oxígeno menor que aproximadamente 2,0, en particular menor que aproximadamente 1,5.
- 30 13. Un sistema de absorción de oscilación de presión para la separación de un gas de alimentación que contiene al menos un componente adsorbible con mayor intensidad y al menos un componente adsorbible con menor intensidad, que comprende
- 35 (a) una pluralidad de recipientes de adsorción, teniendo cada recipiente de adsorción un extremo de alimentación, un extremo de producto, y un lecho de material adsorbente que contiene al menos un adsorbente adaptado para absorber selectivamente el componente adsorbible con mayor intensidad;
- (b) tuberías y válvulas adaptadas para introducir un gas de alimentación (F) en el extremo de alimentación de cada recipiente de adsorción y para retirar un gas producto (P) enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad del extremo de producto de cada recipiente de adsorción,
- 40 (c) tuberías y válvulas adaptadas para transferir un gas de despresurización (PP) enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad del extremo de producto de un primer recipiente de adsorción (4) al extremo de producto de un segundo recipiente de adsorción (3) y transferir un gas efluente de depuración (E/PPR) del extremo de alimentación del segundo recipiente de adsorción (3) en el extremo de alimentación de un tercer recipiente de adsorción (2) para volver a presurizar el tercer recipiente de adsorción (2), y
- 45 (d) una bomba adaptada para transferir el gas efluente de depuración (E/PPR) del extremo de alimentación del segundo recipiente de adsorción (3) al extremo de alimentación del tercer recipiente de adsorción (2) para volver a presurizar el tercer recipiente de adsorción (2).
- 50 14. El sistema de absorción de oscilación de presión de la reivindicación 13 que comprende las tuberías y válvulas adaptadas para transferir una porción (PRP) del gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad en el extremo de producto del tercer recipiente de adsorción.
- 55 15. El sistema de absorción de oscilación de presión de la reivindicación 13 ó 14, en el que la pluralidad de los recipientes de adsorción es al menos cuatro recipientes de adsorción, y las tuberías y válvulas se adaptan además para
- (1) transferir una parte del gas producto enriquecido en el componente adsorbible con menor intensidad en el extremo de producto de un segundo recipiente de adsorción;
- 60 (2) retirar el gas de despresurización del extremo de producto del primer recipiente de adsorción e introducir el gas de despresurización retirado en el extremo de producto de un tercer recipiente de adsorción;
- (3) retirar el gas de despresurización del extremo de producto del primer recipiente de adsorción e introducir el gas retirado en el extremo de producto de un cuarto recipiente de adsorción;
- (4) retirar el gas del extremo de alimentación del primer recipiente de adsorción mediante el uso de una bomba de vacío o soplador y descargar el gas retirado como gas de desecho;
- 65 (5) introducir el gas de depuración en el extremo de producto del primer recipiente de adsorción, en el que el gas de depuración se proporciona procedente del segundo recipiente de adsorción, mientras que evacua el primer recipiente de adsorción del extremo de alimentación e introducir al menos una parte del gas

- efluente de depuración evacuado en el extremo de alimentación del cuarto recipiente de adsorción
- 5 (6) presurizar el primer recipiente de adsorción introduciendo el gas de represurización en el extremo de producto del primer recipiente de adsorción, en el que el gas de represurización se proporciona por el tercer recipiente de adsorción; y
- (7) presurizar el primer recipiente de adsorción introduciendo el gas producto obtenido a partir del cuarto recipiente de adsorción en el extremo de producto del primer recipiente de adsorción e introducir el gas efluente de depuración en el extremo de alimentación del primer recipiente de adsorción, en el que se obtiene el gas efluente de depuración del segundo recipiente de adsorción.
- 10 16. El sistema de absorción de oscilación de presión de la reivindicación 15 en el que el adsorbente se adapta para absorber selectivamente el nitrógeno y el argón del aire y tiene una selectividad de la Ley de Henry para el argón con respecto al oxígeno menor que aproximadamente 2,0.
- 15 17. El sistema de absorción de oscilación de presión de la reivindicación 15 ó 16, en el que el material adsorbente comprende uno o más adsorbentes seleccionados del grupo que consiste en mordenita intercambiada con plata, zeolita X intercambiada con plata, zeolita X de sílice baja.

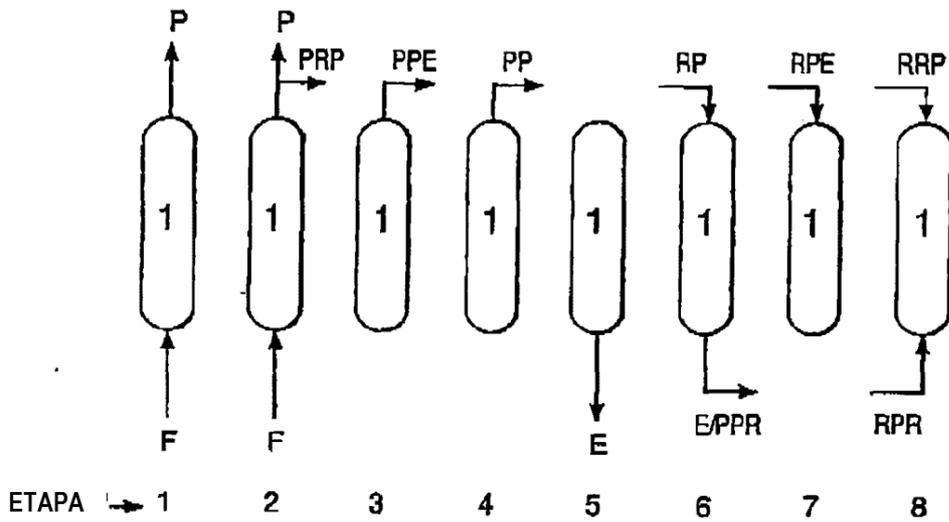


FIG. 1

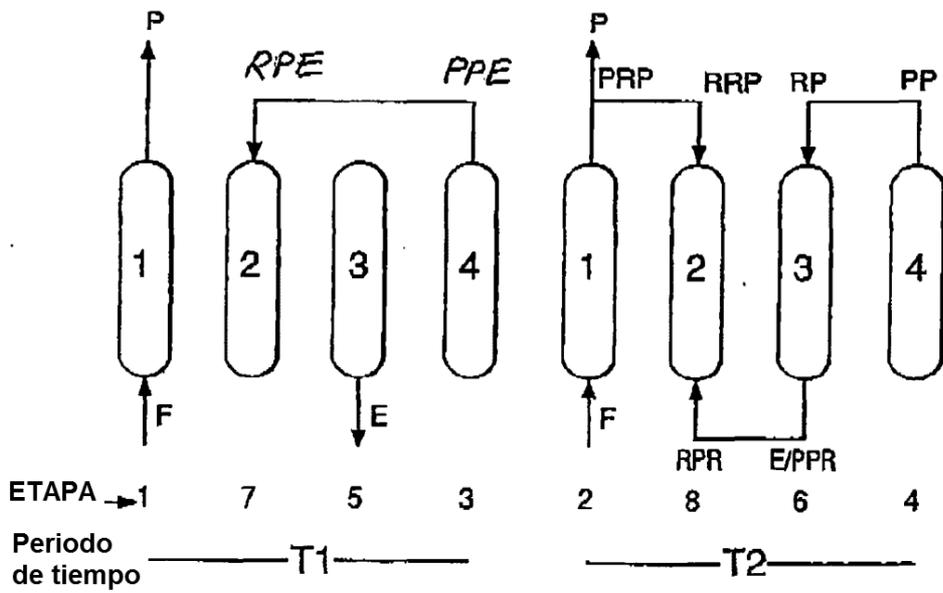


FIG. 2

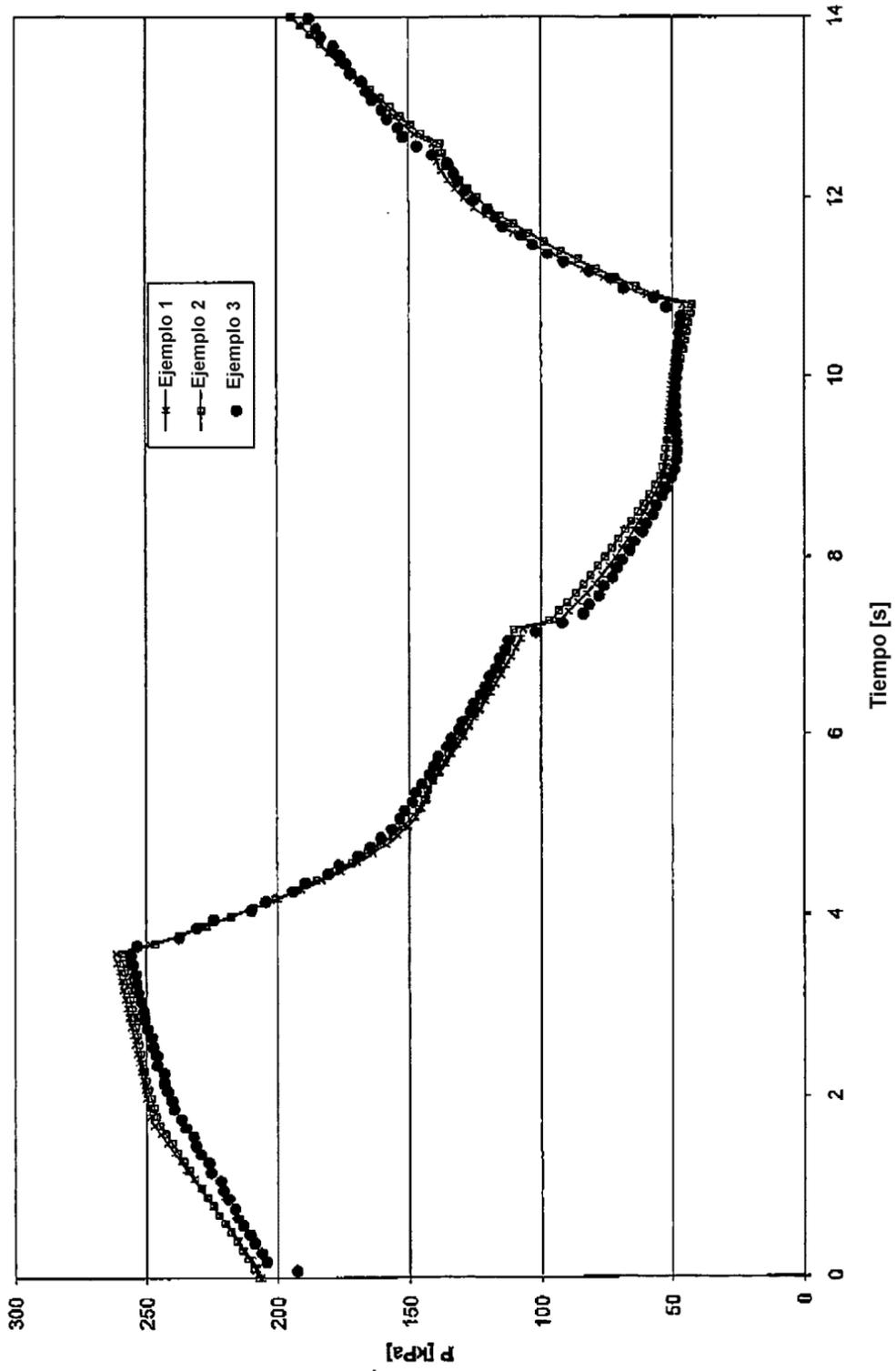


FIG. 3