

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 176**

21 Número de solicitud: 201830944

51 Int. Cl.:

B01D 53/047 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

29.09.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.03.2020

71 Solicitantes:

**BLUEGENERATION, S.L. (100.0%)
C/ Comandante Benítez, 11, 9-D
28045 Madrid ES**

72 Inventor/es:

PADILLA MORENO, Carlos Manuel

74 Agente/Representante:

DIÉGUEZ GARBAYO, Pedro

54 Título: **Instalación y procedimiento para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas**

ES 2 751 176 A1

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 176**

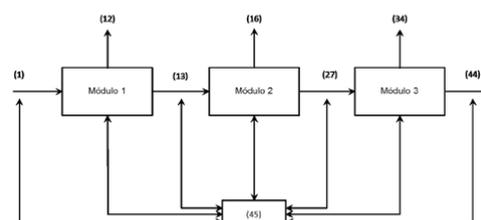
21 Número de solicitud: 201830944

57 Resúmen:

Instalación y procedimiento para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas.

Permite recuperar CO₂ de gases de combustión con gran ahorro en costes respecto emplear otras tecnologías actualmente en desarrollo, sin producir sustancias nocivas medioambientalmente. La instalación comprende: a) un primer Módulo de Tratamiento de Gases (Módulo 1), para para recibir una primera corriente de entrada (1) gaseosa que comprende óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y CO₂, dicho primer módulo de tratamiento de gases (Módulo 1) es donde se acomoda la temperatura y presión para proceder a su secado eliminando el agua, los óxidos de nitrógeno y azufre, los inquemados y resto de sólidos en suspensión, preparando la primera corriente de salida (13) para su inyección en el segundo Módulo donde se producirá el proceso de separación de gases, con una composición que permita el funcionamiento en condiciones de diseño de la misma de acuerdo con las especificaciones del material adsorbente. La segunda corriente de salida (12) incorpora el agua separada, los óxidos de azufre, los inquemados, parcialmente los óxidos de nitrógeno y restos de sólidos en suspensión retirados de la corriente de gases de entrada (1); b) un segundo Módulo de Separación de CO₂ (Módulo 2), donde se trata la primera corriente de salida (13) del Módulo 1 mediante un proceso de adsorción/desorción PSA para separar los gases seleccionados enriqueciendo la tercera corriente de salida (27) del Módulo 2. La separación de gases se produce atendiendo a la selectividad del proceso de adsorción que presenta un determinado sólido poroso adsorbente, generándose dos corrientes de salida, una tercera corriente de salida (27) con una concentración de las sustancias gaseosas a extraer mayor que las de la primera corriente de entrada, y una cuarta corriente de salida (16) con una concentración de las sustancias gaseosas a extraer menor que las de la primera corriente de entrada (13); y c) un tercer Módulo donde se producirá el proceso de purificación de CO₂ (Módulo 3), opcional, donde se trata la tercera corriente de salida (27) del Módulo 2 mediante un proceso de adsorción/desorción PSA para separar los gases seleccionados enriqueciendo la quinta corriente de salida (44) del Módulo 3. La separación de gases se produce atendiendo a la selectividad del proceso de adsorción que presenta un determinado sólido poroso adsorbente, generándose dos corrientes de salida, una quinta corriente de salida (44) con una concentración de las sustancias gaseosas a extraer mayor que las de la primera corriente de entrada, y una sexta corriente de salida (16) con una concentración de las sustancias gaseosas a extraer menor que las de la tercera corriente de entrada (27).

Figura 1.



DESCRIPCIÓN

INSTALACIÓN Y PROCEDIMIENTO PARA RECUPERAR SUSTANCIAS GASEOSAS A PARTIR DE CORRIENTES GASEOSAS

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se puede incluir en el campo técnico del tratamiento de cualquier corriente gaseosa compuesta por gases atmosféricos, en particular, del tratamiento de gases de escape de combustión, entre otras mezclas.

Dicha instalación y procedimiento puede aplicarse para la recuperación de cualquier sustancia gaseosa que se encuentre formando parte de la corriente gaseosa a separar.

El objeto de la invención se refiere a una instalación, su sistema de control y un procedimiento para recuperar sustancias, en particular gases de efecto invernadero, fundamentalmente dióxido de carbono (CO₂), a partir de corrientes gaseosas, empobreciendo dichas corrientes gaseosas en las sustancias recuperadas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En los próximos años, en base al cumplimiento de normativa UE y de los acuerdos COP21 (París) y de Kioto, va a ser necesario disminuir la emisión de gases de efecto invernadero más allá de lo que pueda ser reducido mediante técnicas de eficiencia energética y por sustitución con energías de origen renovable. El más importante de dichos gases de efecto invernadero es el CO₂, si bien no el único.

Una de las vías para llevar a cabo reducciones en las emisiones de dichos gases trata de emplear medios de separación de las sustancias gaseosas contenidas en corrientes gaseosas con el objetivo de capturar los gases de efecto invernadero.

Hasta ahora, los métodos utilizados para la separación de sustancias gaseosas se centran fundamentalmente en procesos físico-químicos que buscan utilizar la polaridad/apolaridad, el tamaño molecular, las características oxidantes/reductoras y el cambio de estado de las sustancias que componen la corriente gaseosa. Dichos procedimientos son altamente

demandantes en energía y/o comprenden la elaboración de productos químicos intermedios que resultan nocivos para el medio ambiente, lo cual implica unos costes elevados en seguridad para evitar el desprendimiento hacia la atmósfera de dichos productos nocivos.

5 Comparando con diferentes patentes previas, se observa que el sistema propuesto como dispositivo de la presente invención es sustancialmente diferente para la realización preferente de la presente invención.

10 **Patente US8052777 “Vessel, system, and process for minimizing unequal flow distribution”.**

Descripción: Cámaras para procesos PSA (Pressure Swing Adsorption) con particiones internas para distribución del flujo homogéneamente. Estos sistemas pueden contener una o más paredes que conforman diferentes camas de material adsorbente, dejando dos lados diferenciados en forma de campana para difundir el flujo en la cámara.

15 **Análisis:** Sistema con dos cámaras funcionando en falso continuo, una adsorbiendo y otra desorbiendo, en proceso PSA. Inicialmente creado para purificar corrientes de H₂ con alto porcentaje de este gas, y con material adsorbente tipo Zeolita A o X, alúminas, etc. El sistema describe el proceso PSA directamente sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

20 **Patente US8268043B2 “Modular compact adsorption bed”**

25 **Descripción:** Estructura modular y compacta de lechos adsorbentes. Ante las cámaras de lechos convencionales esta estructura presenta pluralidad de lechos conectados para conformar la estructura integrada. Ofrece gran capacidad de separación de producto por unidad de volumen si se compara con las convencionales. El diseño modular que se presenta devuelve bajos costes de fabricación y facilidad en el transporte de conjunto y reparaciones, así como elevada sencillez a la hora de realizar la carga de material adsorbente.

30 **Análisis:** Apta para alojar adsorbentes con el fin de capturar CO₂, N₂ o H₂O. El sistema describe el proceso PSA directamente sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de

la presente invención.

Patente US6994111 “Toroidal vessel for uniform, plug-flow fluid distribution applications”

5

Descripción: El presente diseño es una mejora de las cámaras de adsorción convencionales, cuyo trabajo es de tipo “plug-flow fluids applications”, procesos con una entrada y una salida en los que se desea una distribución uniforme del flujo en el interior (aplicaciones de cromatografía o procesos con lechos de adsorción). La cámara propuesta es de tipo toroidal que permite una distribución laminar eficaz.

10

Análisis: Diseño de cámara que persigue objetivos concisos, siendo estos tratar un flujo con distribuciones uniformes, homogéneas y con grandes áreas de intercambio. Cámara tipo toroidal, con inputs en parte inferior y outputs en parte superior. El sistema describe el proceso PSA directamente sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

15

Patente US1683567A2 “Reactor with an annular adsorptively active bed and an annular inert bed”

20

Descripción: El sistema está compuesto de multicámaras. Uno de los anillos internos o subcámaras del sistema alberga el material adsorbente, mientras que la otra cámara contiene un material inerte al proceso de adsorción que se crea en la primera, separadas ambas por un gas o líquido permeable. La entrada de gas a procesar se introduce por la alimentación y se procesa mientras fluye hasta el anillo más externo, siendo extraído por la conexión al exterior.

25

Análisis: Dispositivo similar al analizado en la patente previa US 6994111, siendo la diferencia principal entre ambas el guiado del efluente por el interior de la cámara, de anillo concéntrico interior a exterior. El sistema describe el proceso PSA directamente sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención. Además, este sistema precisa de otras sustancias intermedias para su funcionamiento además del material poroso adsorbente inicial.

30

Patente EP1500424A1 “Pressure Swing Adsorption system multi-chamber canister”

35

Descripción: Sistema de multicámaras para procesos PSA. Una cámara inicial recibe el fluido comprimido para el proceso y lo distribuye uniformemente a los tamices con material adsorbente tipo Zeolita. Las cámaras tienen múltiples compartimentos internos para, entre otros objetivos, mantener una temperatura uniforme en cámaras, esto sirve además de para
5 favorecer la adsorción y no tener grandes gradientes térmicos que perturbarían la uniformidad de la concentración del gas en la cámara.

Análisis: Cámara orientada a mejorar el proceso de adsorción PSA inicialmente diseñada para tratar aire atmosférico que se alimentará a través del compresor que se observa en la
10 figura en la parte superior de la cámara. Cámara compartimentada no concéntricamente sino con disposición de ejes en paralelo. El sistema describe el proceso PSA directamente sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

15 ***Patente US5931022 “Air purification process with thermal regeneration”***

Descripción: Uso de adsorbente tipo alúmina, como Zeolita 13X (aluminosilicatos con carga negativa), en procesos PSA para purificación de corrientes gaseosas mediante retiro de CO₂. Se propone un proceso de regeneración del adsorbente, según el cual se calentará el lecho
20 adsorbente hasta cierta temperatura eliminando del material los restos almacenados de CO₂ y H₂O. Este proceso es necesario ya que pese al acondicionamiento inicial siempre entra un pequeño porcentaje de agua en forma vapor que tras ciertos ciclos de adsorción/desorción sucumbe la capacidad adsorbente de la Zeolita. El proceso propuesto consta de un calentamiento periódico tras ciertos ciclos de adsorción/desorción, calentamiento.

Análisis: Sistema que emplea material adsorbente tipo Zeolita X. Procesos PSA para captura de CO₂. Regeneración del lecho tras sucesivos ciclos adsorción/desorción para
30 eliminar el CO₂ y H₂O residuales no desorbidos en la fase de desorción mediante aplicación de calor (regeneración térmica). La temperatura de la regeneración térmica, cuando se trata de procesos como los tratados en la patente, está en el rango óptimo de (100-250°C). El sistema describe el proceso PSA directamente sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención. Así mismo, introduce calentamientos del lecho fluido para mejorar su capacidad de regeneración cíclica. Se trata de un proceso PTSA, diferente completamente al
35 proceso PSA propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente US6362122 “Heating the composite of zeolite and binder with aqueous caustic solution; washing, drying and roasting; decarboxylation”

5 **Descripción:** Proceso para la regeneración de materiales compuestos tipo Zeolita tras su uso en adsorción, por ejemplo en adsorción de compuestos carbonosos. El proceso consta de la puesta en contacto del material con una solución cáustica, como hidróxido de sodio, aislamiento del compuesto, lavado con agua, secado y, finalmente, calcinado. El resultado es un material regenerado. El contacto con la solución cáustica acuosa se realiza entre 20 y 110°C
10 durante un tiempo de 1 a 48 horas, posteriormente se lava con agua y se seca. La fase de calcinación se realiza entre 500 y 700°C durante un tiempo de 1 a 24 horas.

Análisis: Regeneración de materiales adsorbentes, entre los aptos las Zeolitas. Propuesta de regeneración con solución cáustica, sucesión del proceso: Contacto con solución en condiciones de aislamiento (20/110°C; 1/48 horas). Contacto con H₂O y posterior secado.
15 Calcinación (500/700°C; 1/24 horas). Se trata de un proceso PTSA (Pressure and Thermal Swing Adsorption), diferente completamente al proceso PSA propuesto como dispositivo de la presente invención la cual no requiere regeneración cíclica.

20 **Patente US6402814 “Adsorption, regeneration, depressurization cycle”**

Descripción: El proceso descrito de regeneración, el cual conlleva despresurización de las cámaras tras la adsorción, incluye una fase de calentamiento, durante la cual el lecho poroso es purgado con un gas, y una fase de enfriamiento, durante la cual el lecho poroso es purgado
25 con un gas de enfriamiento. El proceso hace referencia a tratamiento de lechos en procesos TSA (Thermal Swing Adsorption) con adsorbentes tipo alúmina o zeolitas (X, L, XLA, etc.) para purificar corrientes de aire (retirando CO₂ y [H₂O]_v) con destino a plantas localizadas downstream de destilación o criogenia.

30 **Análisis:** Proceso diseñado para regeneración de Zeolitas tipo X, L y XLA, inicialmente diseñado para trabajar en procesos TSA. Sucesión del proceso propuesto en la patente: Despresurización de cámara tras adsorción. Calentamiento. Purgado con gas. Enfriamiento con gas. Se trata de un proceso TSA, diferente completamente al proceso PSA propuesto como dispositivo de la presente invención.

35

Patente EP1574246A1 “Periodic high temperature regeneration of thermal swing adsorption systems”

Descripción: Sistema mejorado tipo TSA para evitar los daños provocados por el agua en el sistema de adsorción de CO₂ de corrientes gaseosas adsorbiendo con Zeolita X. Se soluciona este hecho calentando el lecho adsorbente periódicamente a una temperatura superior de la temperatura de diseño de la fase de desorción. Se presenta como alternativa, o complemento, a los procesos de deshumidificado típicos en los que se hace fluir la corriente de gas por un lecho, previo a la cámara, de gel de sílice o alúmina.

Análisis: Regeneración en proceso TSA. Proceso propuesto: Inicialmente se adsorbe poniendo en contacto la corriente de gas con un adsorbente selectivo para quitar los componentes deseados de la corriente. Finalizada la adsorción se regenera calentando a temperatura en el rango de (40-400)°C. Enfriamiento de cámara y lecho poroso hasta la temperatura inicial de proceso. Periódicamente, y no entre ciclo y ciclo, se realiza una segunda regeneración preferiblemente entre 200 y 400°C, siendo también, en una segunda fase de experimentación, la temperatura estrictamente 50°C o más por encima de la de primera regeneración (primera regeneración: entre 40 y 400°C). Se trata de un proceso TSA, diferente completamente al proceso PSA propuesto como dispositivo de la presente invención la cual no requiere regeneración cíclica.

Patente US5968234A “Adsorption of water and carbon dioxide onto solid adsorbent to separate from feed air to be purified, periodically regenerating adsorbent with portion of nitrogen-containing compressed gas from the air separation unit (ASU)”

Descripción: Sistema de regeneración de materiales adsorbentes tipo Zeolita X, Y, A, sílica-gel, chabazite, mordenite y mezclas de ellos cuando comienzan a presentar bajos rendimientos en la adsorción de CO₂. Para realizar la regeneración térmica que se propone se emplea una corriente enriquecida en N₂ empleándose específicamente la corriente formada por las moléculas que no capta el material durante la fase de adsorción. Esta corriente regeneradora se somete a un proceso de compresión multietapa antes de regenerar que le proporciona un aumento de presión considerable.

Análisis: Regeneración para materiales adsorbentes tipo Zeolita X, Y, A, ..., que han sido utilizados en procesos de captura de CO₂ y/o [H₂O]_v. Mediante un proceso de compresión

multietapa se introduce en la cámara la parte de la corriente no adsorbida a alta presión. La corriente a alta presión estará altamente enriquecida en N_2 y evitará tener trazas de CO_2 y H_2O así como hidrocarburos. Se trata de un proceso de regeneración de materiales porosos, no de separación o purificación, diferente completamente al proceso PSA propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente US5938819A “Preferential adsorption of carbon dioxide at low operating pressure followed by regeneration of adsorbent by purging with dry air; simplification”

Descripción: Separación en proceso PSA en grandes cantidades de CO_2 de un efluente principalmente compuesto por CH_4 , el adsorbente es de tipología rica en Na natural. La retirada en la regeneración del CO_2 residual que colapsa y merma el material adsorbente se realiza a presiones moderadas, cercanas a la atmosférica, y con un alto volumen de aire. De esa manera el CO_2 realiza un proceso de lixiviación (en metalurgia: extracción desde un mineral de una especie de interés por medio de reactivos) y abandona el lecho adsorbente, devolviéndole la capacidad adsorbente. Evaluando resultados con diferentes modos de operación se determina que es más influyente la gran cantidad de aire que la alta presión.

Análisis: Proceso PSA para adsorber CO_2 y generar efluente rico en CH_4 mediante el uso de material rico en Na natural. En fase de regeneración en lugar de altas presiones para atacar el material somete a este a presiones moderadas pero a altos volúmenes de aire. El sistema describe el proceso PSA directamente sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente US0061747 “Dynamic and continuous control for pressure swing adsorption”

Descripción: Proceso de control de parámetros para regular sistema PSA de tratado de flujo gaseoso. En el caso “ejemplo” mostrado en la patente se trata un flujo de aire para separar O_2 de N_2 mediante Zeolitas. El objetivo de este sistema es monitorizar en tiempo real al menos un parámetro del flujo (P, T, caudal, % de algún componente, T rocío, humedad, etc.). Los parámetros monitorizados son comparados con valores umbral (valores críticos que ante su detección activarán acciones sobre los componentes del sistema). El sistema de esta patente consta de un bloque PSA, donde se realiza la adsorción, y de un bloque “centinela”, el cual monitoriza en continuo los parámetros deseados. El presente sistema de control es válido para

sistemas de captura de CO₂ (escape de centrales, fábricas, etc.), NH₃ o H₂S (refinerías).

Análisis: Control de sistemas PSA. El ejemplo tratado en patente hace referencia a separación de N₂ de O₂ en corrientes de aire. Sistema de control igualmente válido para
 5 captura de CO₂, NH₃ o H₂S. Integración de componentes, que son, sistema de ajuste, sistema de control y sistema de alarma. El sistema de control describe uno de los posibles sistemas de control aplicables a procesos PSA. Diferente por completo al propuesto en el dispositivo de la presente invención, en cual no es necesario el bloque centinela para controlar todos los
 10 parámetros de control y de alarma en tiempo real y simultáneamente.

Patente US4472177A “Control system and method for air fractionation by vacuum swing adsorption”

Descripción: Sistema y método de control para procesos VSA (Vacuum Swing Adsorption).
 15 Mediante valores predeterminados de concentraciones y presiones introducidos al sistema de control se va realizando la alternancia entre cámaras y fases en cada cámara, en el caso de estar realizando la adsorción el sistema está preparado para cuando se detecten ciertos valores de concentración de producto a la salida se imponga un corte de proceso. De la misma
 20 manera, cuando se realice la desorción, este proceso, se interrumpirá al detectarse valores menores de un cierto umbral.

Análisis: Control de procesos VSA. Se presentan estructuras para el control de válvulas e interruptores (switches) que interconectan un controlador programable con el sistema de separación. Se presenta un sistema de tiempo variable que controla cada una de las etapas del
 25 proceso que realiza el sistema de control del proceso de separación. El caso específico tratado es un proceso VSA, con dos columnas paralelas de adsorción, dos cámaras de pretratamiento aguas abajo de las columnas y dos cámaras para desorbidos aguas arriba. Si bien el proceso PSA propuesto para la presente invención utiliza sistemas de vacío para producir la desorción por presión, también utiliza el de arrastre mediante inyecciones explosivas en el interior de las
 30 cámaras de desorción para conseguir en el menor tiempo posible la extracción de los gases adsorbidos en el material poroso, así como la extracción por exceso de presión desde la presión de adsorción a la presión atmosférica, por tanto los sistemas son completamente diferentes.

Patente US4696680 “Method and apparatus for the selective separation of gaseous coal

gasification products by pressure swing adsorption

Descripción: Sistema de separación de gases por proceso PSA de una mezcla compuesta de estos proveniente de una gasificadora de carbón. El objetivo es separar secuencialmente los gases de manera discreta (H_2 , CH_4 , CO , CO_2 ,...) gracias a sus diferentes presiones de adsorción/desorción. Dichas presiones van desde presiones atmosféricas hasta presiones de 5 a 35 bar(g). En una primera fase se adsorbe el CO_2 y el H_2S , en una segunda el CO , H_2 y el CH_4 . Las salidas de H_2 sirven para presurizar las siguientes cámaras de adsorción, alcanzando esos valores de 5 a 35 bar(g). El objetivo principal es la obtención con alta pureza de H_2 , 99,7%, y con menos de 0,01% de compuestos sulfurados. Secuencia del proceso: La mezcla se introduce en la primera columna de adsorción y esta se presuriza de forma que los gases secuencialmente se van adsorbiendo. Tras alcanzar el nivel de presurización deseado se comienza a despresurizar la cámara. Con el descenso de la presión se evacua primero el conjunto de gases (H_2 , CO , CH_4). Continuando el descenso hasta P_{atm} y llegando a presiones relativas negativas se evacúa el conjunto ácido (CO_2 , H_2S). Las dos salidas secuenciales son derivadas a distintas líneas de proceso. Repitiendo el proceso para cada conjunto de gases, presurizando y despresurizando adecuadamente, se separan completamente y con grandes niveles de pureza el H_2 , CO y CH_4 por un lado y el CO_2 y el H_2S por otro.

Análisis: Proceso de separación secuencial de mezcla de gases por proceso PSA. Orientado principalmente a gases provenientes de la gasificación de carbón (H_2 , CO , CH_4 , CO_2 y H_2S). Las presiones tratadas van desde los 0 bar hasta los 35 bar para poder obtener con alta pureza todos los gases por separado. El sistema describe el proceso PSA de forma secuencial, no continua y sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención. Proceso desarrollado para gasificación previa a la combustión de un combustible gaseoso y por tanto para trabajar a alta presión, frente al de la presente invención desarrollado para tratar los gases procedentes de la combustión y por tanto a baja presión.

Patente WO 2009/073928 "A plant and process for recovering carbon dioxide"

Descripción: Sistema PSA con material de adsorción tipo Zeolita X o Y. Originalmente para tratamiento con efluentes gaseosos con alto porcentaje de CO_2 (>50%), como venteos de plantas de carbonatación de refrescos. Las condiciones de entrada al sistema son de entre (10-90°C) y (1-2) bar. La desorción se realiza en un rango de vacío de entre (2-50) kPa o (0,02-0,5)

bar. Como proceso de recuperación energética extra envía la corriente pobre en CO₂ de salida de la cámara durante la adsorción, que estará entre (10-40°C), a enfriar líquido refrigerante que trabaja refrigerando los anillos de las bombas de vacío. El sistema pretende simular un pseudo-continuo en el que las dos cámaras del sistema trabajan alternativamente una en adsorción y otra en desorción. La transición de la cámara que acaba la desorción, a P aprox. de 0,02 bar, hasta presión atmosférica se realiza mediante la interconexión de ambas cámaras, ya que se equilibran presiones por estar una despresurizada y la otra a 2 bar. De esta manera se evita emplear los métodos comunes de vaciado de la cámara o purgas que se realizan en el intervalo que se sucede entre el fin de la adsorción y el comienzo de la desorción (este tipo de purga suele realizarse de tipo "Heavy purge" con corrientes producto de alta concentración en CO₂ o "Light purge" cuando son corrientes residuales con menor concentración de CO₂).

Análisis: Sistema PSA, material adsorbente Zeolitas X o Y, tratamiento de concentración de CO₂ en efluentes gaseosos con altas concentraciones de este gas (>50%). Procesos de adsorción: Entre 10 y 40°C y entre 1 y 2 bar. Proceso de desorción: A vacío entre 0,02 y 0,5 bar. Aparentemente cumple las condiciones de falso continuo mediante alternancia de cámaras en adsorción/desorción. Características novedales: La despresurización se realiza por interconexión entre cámaras. En sistema WO 2009/073928 se conectan ambas cámaras, por lo que es un derivado en paralelo y finaliza el proceso de ecualización cuando se igualan las presiones en ambas cámaras. En nuestro dispositivo de invención se produce el recirculado, a través de las bombas de vacío hasta la concentración deseada de CO₂. El sistema describe el proceso PSA permitiendo la ecualización entre cámaras pero sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente US3885927 "Removal of carbon dioxide from gas streams"

Descripción: Captura de dióxido de carbono de corrientes gaseosas menos polares que el dióxido de carbono, haciendo pasar el flujo por una matriz de Zeolita tipo X, ratio silicio/aluminio < 1.15. Proceso particularmente efectivo cuando se aplica la fase de adsorción con temperaturas por encima de 20°C y bajos porcentajes de dióxido de carbono en las corrientes.

Análisis: Sistema de adsorción con Zeolitas X. Recomienda aplicar temperaturas bajas en el proceso, iniciándolo en el entorno de los 20°C, ya que supone que en el transcurso del proceso habrá un incremento debido a compresiones y demás fases de pretratamiento. Define

el rango como admisible si se sitúa entre 30 y 80°C. Hace especial referencia a que el CO₂ en la corriente de gas inicial tenga presión parcial superior a 25 mbar. Es una patente más científico-técnica de investigación que de desarrollo ingenieril, por lo que no se aprecia la exposición de un procedimiento de operación concreto. El sistema describe el proceso PSA directamente sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente US5689974A “Method and apparatus for pre-purification for air cryogenic separation plant”

Descripción: Método de pre-purificación para separación de vapor de agua y CO₂ de una corriente de aire para su posterior derivación a fase de criogenia. Establece que el flujo puede operarse mediante la adsorción a altas temperaturas sin preenfriamiento.

Análisis: El método incluye los pasos de: Adsorción: A presión definida y temperaturas de entre 10 y 45°C. Despresurización desde P de adsorción. Seguida de fases de calentamiento, enfriamiento y represurización. Se recomienda realizar la adsorción con introducción del flujo en la cámara a velocidades entre 0,05 y 0,4 m/s. La cámara llevará una bandeja inicial con adsorbente acorde para retirar la humedad del flujo y otra bandeja para capturar el CO₂. El sistema describe el proceso PTSA directamente sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente US5906675 “Air purification process”

Descripción: Sistema de tres cámaras de adsorción con zeolitas y alúmina activada en paralelo. El proceso tiene tres pasos: El primero, un PSA, es llevado a cabo en las dos primeras cámaras (actuando alternativamente en adsorción/desorción) mientras que la tercera cámara está en regeneración térmica.

Análisis: Proceso de adsorción PSA. Alternancia de tres cámaras en paralelo, trabajando respectivamente en adsorción, desorción y regeneración. Las cámaras tienen cinco niveles para capturar los compuestos. El sistema describe el proceso PTSA directamente sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de la tercera o quinta corrientes de salida del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente US6106593A “Purification of air”

Descripción: Previo a una separación criogénica de componentes de la corriente de aire se hace pasar a la misma por una matriz de alúmina para retirar la humedad, una matriz de Zeolita 13X para adsorber el dióxido de carbono y finalmente por una matriz de Zeolita tipo X sin calcio aglomerante para adsorber óxidos nitrosos y, dependiendo del gas, el etileno.

Análisis: Acondicionado por adsorción para posterior proceso de criogenización. Proceso TSA. División de las cámaras en tres divisiones (Alúmina activada, Zeolita 13X y Zeolita X). El sistema describe el proceso PSA permitiendo la ecualización entre cámaras pero sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente EP1226860B1 “Method of operating a thermal swing adsorption system and corresponding apparatus”

Descripción: Proceso de tratamiento de gases para retirar del efluente, o al menos reducir significativamente, los porcentajes de CO₂ y de H₂O vapor. Este método es especialmente útil cuando el gas tratado va a ser utilizado en procesos de separación criogénica o purificación de aire. El motivo de la propicia retirada del dióxido de carbono para procesos criogénicos es porque este compuesto tiende a licuarse y, en su caso, congelarse cuando se lleva al efluente en su conjunto al estado de criogenia.

Análisis: Proceso de adsorción TSA. Cámaras divididas en secciones diferenciadas con diferentes adsorbentes. La humedad será captada con silica gel, alúmina o alúmina activada. El CO₂ será adsorbido por zeolita 13 X. La adsorción se recomienda realizar a temperaturas entre 10 y 50°C. El sistema describe el proceso PSA permitiendo la ecualización entre cámaras pero sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente US6273939 “Process for purifying a gas stream of its N₂O impurities”

Descripción: Proceso TSA para purificar corrientes gaseosas, como aire, principalmente de N₂O y trazas de CO₂ o C₂H₄. El material adsorbente empleado para la retirada es Zeolita (preferiblemente de ratio Si/Al 1 a 1.5) llevándola a cabo a temperaturas de entre -40 y 80°C.

Análisis: Proceso TSA para aumentar fiabilidad de plantas industriales. Objetivo principal: Retirado de N_2O de corrientes salientes. Emplea Zeolitas como material adsorbedor. El sistema describe el proceso TSA sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente EP0449576A1 “Purifying fluids by adsorption”

Descripción: Previo a una separación criogénica de componentes de la corriente de aire se hace pasar a la misma por una matriz de alúmina para retirar la humedad, una matriz de Zeolita 13X para adsorber el dióxido de carbono y finalmente por una matriz de Zeolita tipo X sin calcio aglomerante para adsorber óxidos nitrosos y, dependiendo del gas, el etileno.

Análisis: Acondicionado por adsorción para posterior proceso de criogenización. Proceso TSA. División de las cámaras en tres divisiones (Alúmina activada, Zeolita 13X y Zeolita X). El sistema describe el proceso PSA permitiendo la ecualización entre cámaras pero sin capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente US4770676 “Recovery of Methane from Land Fill Gas”

Descripción: Sistema integrado PTA-PSA capaz de separar corrientes formadas por la mezcla de CH_4 (30-70%) y CO_2 (70-30%) y otras trazas de hidrocarburos en serie. La primera etapa separa por adsorción TSA las impurezas y la segunda por adsorción PSA separa el CH_4 del CO_2 . Diseñada para separar CH_4 y CO_2 de corrientes donde ambos gases ason mayoritarios frente al resto que constituyen solamente trazas.

Análisis: El sistema describe un primer proceso de adsorción TSA que separa impurezas seguido de un segundo proceso PSA que separa el CH_4 del CO_2 . Diseñado para corrientes gaseosas diferentes, no permite la ecualización entre cámaras y tampoco tiene capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Patente US20030047037A1 “Process for Removal of Carbon Dioxide for Use in

Producing Direct Reduced Iron”

Descripción: Sistema de adsorción PSA formado por varias columnas en paralelo con varias capas de adsorción constituidas por diferentes materiales sólidos adsorbentes. La desorción se realiza por vacío a contracorriente.

Análisis: El sistema describe un proceso de adsorción PSA que separa el CO₂ de la corriente de gases pero que no tiene capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención.

Solicitud de patente ES 2407584A2 “Process for Removal of Carbon Dioxide for Use in Producing Direct Reduced Iron”

Descripción: Sistema de adsorción PTSA formado por varias columnas en paralelo utilizando como material adsorbente Zeolitas 13X y/o Carbón Activo. La desorción se realiza por vacío favoreciendo la extracción mediante ciclos de calentamiento.

Análisis: El sistema describe un proceso de adsorción PTSA que separa el CO₂ de la corriente de gases. No tiene capacidad de permitir el control sobre la concentración de las corrientes de salida (27) o (44) del sistema propuesto como dispositivo de la presente invención y está basado en la utilización de un proceso PSA, diferente.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención describe un dispositivo y un procedimiento de recuperación de sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas. Dicho procedimiento está basado en la realización del proceso de adsorción/desorción PSA de la corriente gaseosa si bien mediante un material poroso adsorbente inerte y selectivo a la sustancia gaseosa a separar, realizado en unas condiciones de operación y mediante un procedimiento que permite eficiencias similares al resto de los sistemas existentes a unos costes muy competitivos en comparación.

La invención es aplicable a multitud de sustancias gaseosas, si bien se prefieren las sustancias que están dentro del grupo de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono, aunque la invención también es viable para recuperar otras sustancias de efecto invernadero,

tales como vapor de agua, partículas en suspensión, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre.

El procedimiento de la invención está basado en un ciclo de dos o tres fases secuenciales que comprende primero un tratamiento de los gases a separar (Módulo 1), segundo una separación
5 de gases (Módulo 2) y tercero una purificación del gas separado (Módulo 3), siendo esta última opcional en función de las características de la corriente de gases enriquecida con la sustancia a separar (tal y como puede verse en la Figura 1).

Aplicando el mismo sistema de tratamiento de gases, de separación de gases y de purificación
10 de gases (opcional) con diferentes materiales porosos adsorbentes, previamente seleccionados, es y puede ser utilizado para separar cualquier corriente de gases de entrada al sistema para enriquecer la corriente de salida final en los gases previamente seleccionados, siendo aplicable ante cualquier composición puesto que tanto el de proceso adsorción/desorción PSA propuesto, los equipos utilizados y los materiales porosos propuestos
15 son inertes y no producen sustancias intermedias potencialmente peligrosas o dañinas al medioambiente. Así mismo, las presiones y temperaturas de funcionamiento son relativamente bajas y moderadas (respectivamente) para representar un riesgo a la operación.

El Módulo 1 acomoda en presión, temperatura y composición los gases que entran a esta fase,
20 de forma que a partir de una primera corriente de entrada (1) da como resultado dos corrientes de salida, una primera corriente seca de gases preparada para su entrada a la segunda fase de separación de gases (13) y una segunda corriente de salida compuesta por los primeros gases retirados, fundamentalmente partículas en suspensión, vapor de agua y óxidos de azufre (12).

El Módulo 2 mediante un proceso de separación y concentración por adsorción físico-química
25 PSA obtiene a partir de la primera corriente de salida (13) proveniente del Módulo 1, dos corrientes de salida: una tercera corriente de salida (27) con una concentración de las sustancias gaseosas a extraer mayor que las de la primera corriente de entrada, y una cuarta corriente de salida (16) con una concentración de las sustancias gaseosas a extraer menor que
30 las de la primera corriente de entrada (13).

Y finalmente, el Módulo 3, mediante un proceso de separación y concentración por adsorción
físico-química PSA similar al de la segunda fase, si bien adaptado a la composición de la
35 corriente de gases a tratar, que obtiene a partir de la tercera corriente de salida procedente de la fase anterior (27), dos corrientes de salida: una quinta corriente de salida (44) con una

concentración de las sustancias gaseosas a extraer mayor que las de la tercera corriente de salida procedente de la fase anterior, y una sexta corriente de salida (34) con una concentración de las sustancias gaseosas a extraer menor que las de la tercera corriente de salida procedente de la fase anterior.

5

En función de los parámetros concretos del procedimiento y de las exigencias de la normativa que sea necesario cumplir en cada momento, el procedimiento puede contar con los tres Módulos anteriores, solo con los dos primeros, ser iterativo, repitiéndose cualquiera de los tres Módulos anteriores en varias etapas, de manera que la primera corriente de salida (13) del Módulo 1 constituya la corriente de entrada de cada Módulo 2; y la tercera corriente de salida (27) de cada Módulo 2 sea la corriente de entrada a cada Módulo 3.

10

La segunda corriente de salida (12) del Módulo 1 se gestionará o bien como residuo líquido o bien se podrá neutralizar con bases tipo NaOH o KOH, para su estabilización química anterior a su evacuación. La cuarta (16) y sexta (34) corrientes de salida al ser gaseosas se gestionarán en función de su contenido como gases atmosféricos de valor añadido o bien se liberarán directamente al exterior se resultan inertes biológicamente.

15

Para el caso de que la sustancia se seleccione entre los gases de escape de efecto invernadero, la corriente de entrada (1) al Módulo 1 puede provenir de cualquier corriente que comprenda gases de efecto invernadero, preferentemente de al menos una corriente de gases de escape de combustión, en adelante referida como corriente de escape, por ejemplo, de centrales térmicas de combustión de combustibles fósiles, centrales de combustión de biomasa, calderas que utilicen combustibles fósiles o biomasas para producir Energía Primaria, etc.

20

25

Inicialmente, dicha corriente de entrada (1) es dirigida, como primera corriente de entrada al Módulo 1, para efectuar la primera fase de tratamiento de gases donde se acomoda la temperatura y presión para proceder a su secado eliminando el agua, los óxidos de nitrógeno y azufre, los inquemados y resto de sólidos en suspensión, preparando la primera corriente de salida (13) para su inyección en el Módulo 2, donde se producirá el proceso de separación de gases, con una composición que permita el funcionamiento en condiciones de diseño de la misma de acuerdo con las especificaciones del material adsorbente. La segunda corriente de salida (12) incorpora el agua separada, los óxidos de azufre, los inquemados, parcialmente los óxidos de nitrógeno y restos de sólidos en suspensión retirados de la corriente de gases de

30

35

entrada (1).

El Módulo 2 trata la primera corriente de salida (13) del Módulo 1 mediante un proceso de adsorción/desorción PSA para separar los gases seleccionados enriqueciendo la tercera corriente de salida (27) del Módulo 2. La separación de gases se produce atendiendo a la selectividad del proceso de adsorción que presenta un determinado sólido poroso adsorbente. En el caso preferente, el material poroso utilizado es activo y selectivo ante el CO₂ y CO.

Los procesos de adsorción y desorción se realizan en uno o más reactores de adsorción/desorción (14), en serie, actuando primero el proceso de adsorción, seguido del de desorción PSA, repitiendo indefinidamente estos procesos alternativamente. Para conseguir un funcionamiento en continuo del Módulo 2, es necesario duplicar el número de reactores de adsorción/desorción (14), de forma que mientras la mitad realiza el proceso de adsorción, la otra mitad realiza el de desorción PSA trabajando en paralelo.

Durante el proceso de adsorción (Figura 2), la primera corriente de salida (13) circula por la superficie interior y exterior del material poroso adsorbente dispuesto en el interior de los reactores de adsorción/desorción. La cuarta corriente de salida (16) se empobrece en los gases seleccionados y puede ser liberada al exterior con una composición muy similar a la de la atmósfera exterior, o bien tratar de obtener su valorización como gases industriales. Los gases seleccionados quedan en el interior de los reactores de adsorción/desorción (14) adheridos mediante fuerzas de Van der Waals, enlaces débiles y puentes de hidrógeno, entre otras fuerzas de origen físico/químico presentes. El proceso de adsorción finaliza cuando el material poroso adsorbente del interior de los reactores de adsorción/desorción (14) se saturan y deje de adsorber los gases seleccionados.

Durante el proceso de adsorción, los reactores de adsorción/desorción (14) que realizan el proceso de adsorción están conectados a la primera corriente de salida (13) del Módulo 1 y están aislados del sistema de desorción PSA. Durante el proceso de desorción PSA, los reactores de adsorción/desorción (14) están aislados de la primera corriente de salida (13) del Módulo 1 y están conectados al sistema de vacío que permitirá la extracción de los gases adheridos al material poroso adsorbente contenido en su interior para enriquecer la tercera corriente de gases de salida (27) del Módulo 2, enriquecida en los gases seleccionados.

La cuarta corriente de salida (16) del Módulo 2 consiste en la corriente de gases empobrecida

en los gases seleccionados procedente de los reactores de adsorción/desorción (14) que están realizando el proceso de adsorción, la cual se podrá gestionar como gases atmosféricos con valor añadido, o bien se emitirá directamente a la atmósfera exterior si es inerte biológicamente.

5

En el Módulo 2, la corriente de gases desorbida sigue tres etapas diferentes. En primer lugar, ver Figura 3. Durante la primera etapa del proceso de desorción PSA la corriente (21) es reinyectada a la corriente de gases de entrada al Módulo 1, mientras el sistema de control (45) del sistema en su conjunto lo disponga. En segundo lugar, durante la segunda etapa del proceso de desorción PSA, los gases son acumulados en varios depósitos de pulmón de almacenamiento antes de salir de esta fase constituyendo la tercera corriente de gases de salida (27) del Módulo 2, finalizando cuando se consiga desorber aproximadamente la misma masa de gases seleccionados que fue adsorbida inicialmente durante el proceso de adsorción (la Figura 4 describe la evolución de los parámetros clave durante el proceso de desorción PSA propuesto en la presente invención).

10

15

La tercera etapa se repite varias veces, tantas como sea necesario para finalizar la segunda etapa, interrumpiéndola, consistiendo en la reinyección de los gases desorbidos y acumulados en los depósitos antes mencionados, para su inyección, como corriente (24) en los reactores de adsorción/desorción (14) que se encuentran realizando el proceso de desorción PSA de forma explosiva, cuando la presión de los mismos alcance un valor umbral por debajo de un vacío predeterminado (aproximadamente 80%), con el fin de arrastrar el mayor número de moléculas de los gases seleccionados y mejorar el comportamiento de las bombas de vacío utilizadas para realizar el proceso de desorción PSA. Al finalizar cada una de las terceras etapas, continúa realizándose la segunda etapa del proceso de desorción.

20

25

En el caso que la concentración de los gases seleccionados presentes en la tercera corriente de salida (27) del Módulo 2 sea menor de la requerida por especificaciones del sistema, un Módulo 3, basado en el proceso de adsorción/desorción PSA anterior será incluido.

30

El funcionamiento del Módulo 3 será similar y en serie al funcionamiento del Módulo 2 anterior, utilizando como corriente de gases de entrada la tercera corriente de salida (27) enriquecida en los gases seleccionados procedente del Módulo 2, utilizando el mismo (o diferente) material poroso adsorbente que el utilizado en el Módulo 2, siempre que sea selectivo hacia los gases seleccionados para su separación y purificación.

35

La sexta corriente de gases de salida (34) de la tercera fase de purificación de gases podrá ser reinyectada a los reactores de adsorción/desorción (31) que estén realizando el proceso de adsorción tanto en el Módulo 2 como en el Módulo 3; o bien ser emitida directamente a la atmósfera exterior, en función de su composición y de si es o no inerte biológicamente, según se determine a través del sistema de control (45) de la invención.

Para conseguir el funcionamiento en continuo del sistema en su conjunto, los Módulos 2 y 3 dispondrán cada uno de la mitad de los reactores de adsorción/desorción (14), (31) realizando el proceso de adsorción, mientras la otra mitad estará realizando el proceso de desorción PSA. Cuando ambos procesos finalicen, el sistema de control (4) alternará su funcionamiento consiguiendo que la mitad de los reactores de adsorción/desorción (14), (31) de cada Módulo estén realizando el proceso de adsorción siempre, de forma continua y sin afectar al caudal de la primera corriente de entrada (1) al Módulo 1.

Mientras tanto, la otra mitad de los reactores de adsorción/desorción de cada fase estarán realizando el proceso de desorción PSA descrito. En todo momento, el sistema de control (45) tratará de ajustar al máximo los tiempos de adsorción ($t_{\text{adsorción}}$) y desorción ($t_{\text{desorción}}$), de forma que siempre se cumplirá que $t_{\text{desorción}} \leq t_{\text{adsorción}}$ en cada una de los Módulos 2 y 3.

Los puntos o valores umbrales de la concentración de los gases seleccionados en las corrientes desorbidas (27) y (44), la concentración de los gases seleccionados en la corriente de entrada al sistema (1), la cantidad de agua y del resto de gases de efecto invernadero presentes en la primera corriente de entrada al sistema (1), sus condiciones de presión y temperatura, sus concentraciones máscicas y/o volumétricas; y los tiempos de adsorción y de desorción de los reactores de adsorción/desorción (14), (31) de los Módulos 2 y 3 son, aparte de múltiples señales internas al sistema en su conjunto, las principales entradas que gobiernan el sistema de control (45) de la invención.

Es importante señalar que el dispositivo y el procedimiento propuestos pueden emplearse en principio a cualquier presión y temperatura, si bien, en función de las características, conocidas en el estado de la técnica, de los sistemas de adsorción/desorción PSA utilizando materiales porosos como material adsorbente, se ha seleccionado como rango de presión de operación, presiones inferiores a 10 bar(g), y temperaturas de operación no superiores a 50°C, a efectos de proteger el material poroso utilizado, obtener un rendimiento aceptable del sistema en su

conjunto y reducir los costes de operación y mantenimiento.

En el caso de las etapas de adsorción a realizar por los reactores de adsorción/desorción (14), (31), de los Módulos 2 y 3, el sistema tratará de optimizar el proceso de adsorción maximizando la cantidad de los gases seleccionados de forma que se maximice al máximo la cantidad adsorbida, superando el 95% de la cantidad presente en la primera corriente de entrada al sistema y se acerque todo lo posible al 100%.

Los parámetros básicos del procedimiento son los siguientes:

- la naturaleza y la concentración de la sustancia o sustancias que se desean separar presentes en la primera corriente de entrada (1) al Módulo 1.
- el porcentaje mínimo en peso que se requiere retirar de cada sustancia, respecto del porcentaje de dicha sustancia contenido en la primera corriente de entrada (1) al Módulo 1.
- la concentración mínima de cada sustancia separada requerida para la tercera corriente de gases de salida (27) del Módulo 2 o de la quinta corriente de salida (44) del Módulo 3 (opcional), según se requiera.
- El sistema en su conjunto permitirá su instalación y funcionamiento con independencia de la fuente de gases de efecto invernadero, presión, temperatura y concentración de la sustancia gaseosa seleccionada, adaptando su funcionamiento de forma automática.
- El sistema en su conjunto es modular, intercambiable, compacto y escalable.

En función de dichos parámetros básicos, se seleccionan los parámetros de presión y temperatura de funcionamiento de cada uno de los tres Módulos, mientras que con la concentración másica de los gases seleccionados para ser separados durante el proceso completo se procederá a realizar las distintas etapas del proceso de desorción PSA en los Módulos 2 y 3 (opcional), a efectos de conseguir la concentración másica de los gases a separar seleccionados para su concentración y/o separación deseada, mediante procesos de reinyección en distintos puntos de los sistemas que componen los tres Módulos, para conseguir adsorber al máximo los gases seleccionados para ser separados de la corriente principal de gases de entrada (1) al Módulo 1, aumentando los rendimientos de adsorción y desorción del sistema es su conjunto, mediante un sistema de control (45) complejo.

Mediante el procedimiento descrito en la presente invención se lleva a cabo una recuperación de sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas con un significativo ahorro energético (

alrededor de 45%), ahorro en coste de los equipos (alrededor de 75%) y ahorro en los costes de operación y mantenimiento (alrededor de 75%) respecto de los procedimientos de separación de gases y de captura de gases de efecto invernadero actualmente en operación, así como se evita la generación de productos nocivos para el medioambiente, con los ahorros en huella de carbono y de impacto ambiental que ello supone.

Adicionalmente el procedimiento de la invención favorece la sinergia entre empresas, puesto que los subproductos del procedimiento pueden ser adquiridos como materia prima por otras empresas.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Vista general del dispositivo de la invención y su funcionamiento.

Figura 2.- Evolución de los parámetros clave del proceso de adsorción en el dispositivo de la invención.

Figura 3.- Etapas del proceso de desorción PSA de la invención y su funcionamiento.

Figura 4. Evolución de los parámetros clave del proceso de desorción en el dispositivo de la invención.

Figura 5.- Vista de la instalación de la invención y su funcionamiento.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Seguidamente, con referencia a la Figura 5 adjunta, se expone una realización preferente del dispositivo de la invención, aplicada a la recuperación de una sustancia gaseosa componente de la corriente gaseosa de entrada a la invención.

Una corriente de gases de entrada (1), procedente fundamentalmente de sistemas de combustión de combustibles fósiles para la obtención de Energía Primaria, entra al Módulo 1 para su análisis, adecuación en presión, temperatura y contenido en otros gases de efecto

5 invernadero, impurezas y vapor de agua. Esta corriente (1) es movilizada desde la instalación donde se genera por un sistema de impulsión (2) y es conducida mediante un sistema de tuberías para su entrada y tratamiento en el Módulo 1, constituyendo la corriente de gases (3) cuyas características son similares a las de la corriente (1), pero con un caudal constante acorde a las características del sistema de control (45) de la invención.

10 La corriente (3) cuenta con concentraciones de CO₂ (1% - 25%), vapor de agua (0% - 25%), O₂ (0% - 35%) y resto, N₂, Ar, otros gases de efecto invernadero, inquemados, cenizas, etc., acordes a las características de la instalación de combustión anterior. El rango de temperaturas entre 60°C y 800°C y a presión ligeramente superior a la atmosférica. El sistema de control (45) en función de las características de la corriente (1) gestionará los equipos del Módulo 1 y su funcionamiento para optimizar el funcionamiento del sistema en su conjunto.

15 La corriente de gases (3) es tratada en un primer grupo de intercambiadores de gases (4) para alcanzar una temperatura de alrededor de 40°C o inferior. El primer grupo de intercambiadores utiliza agua, aire o cualquier fluido (i) para refrigerar la corriente (3), obteniendo una corriente de refrigerante de salida (iii) acorde a los límites legales para su tratamiento o evacuación al exterior.

20 Debido a las características del proceso de enfriamiento de la corriente (3), el exceso de agua presente condensa, junto con parte de los gases de efecto invernadero, inquemados, cenizas y resto de componentes no deseados, constituyendo la corriente (6) de agua a tratar posteriormente. La corriente de salida de este grupo de intercambiadores (5), a temperatura de alrededor de 40°C o inferior esta semiseca con contenido de agua de saturación acorde a su temperatura.

30 A esta corriente de gases se le une la corriente de gases (21) procedente del Módulo 2, que se explicará más adelante, constituyendo la corriente (7), la cual es comprimida hasta presiones inferiores a 10 bar(g) en el sistema de compresión (8), a cuya salida se obtiene la corriente de gases (9) preparada para su entrada en el sistema de secado (10).

35 El sistema de secado (10) elimina el agua presente en la corriente (alrededor de un 99,9%) obteniendo la primera corriente de salida (13) del Módulo 1 para su envío al Módulo 2. La corriente (13) está adecuada a la temperatura (20°C - 45°C), presión (1 - 9 bar(m)) y

humedad (Aprox. 0%) para optimizar al máximo el proceso de adsorción. El sistema de secado es refrigerado por un fluido refrigerante similar al empleado en el grupo de intercambio de calor (4), utilizando para ello corrientes de entrada (ii) y de salida (iv) acordes a los límites legales para su tratamiento o evacuación al exterior.

5

El sistema de secado (10) produce una segunda corriente de salida (11) donde se retira el agua condensada procedente de la corriente (9), resto de óxidos de azufre, inquemados, cenizas y otros gases de efecto invernadero. Las corrientes (6) y (11) se unen y constituyen la corriente (12) líquida que es la segunda corriente de salida del Módulo 1, la cual se trata
10 previa a su evacuación al exterior o para su valorización posterior.

El funcionamiento del Módulo 1 se ajusta mediante el sistema de control (45) adaptando en todo momento su funcionamiento a las necesidades del material adsorbente de los Módulos 2 y 3; y a las características de la corriente (1).

15

La corriente (13) de salida del Módulo 1 se inyecta al Módulo 2 en los reactores de adsorción/desorción (14) que se encuentren realizando el proceso de adsorción, de acuerdo a las instrucciones del sistema de control (45). Tras el paso por estos reactores de adsorción/desorción (14) la corriente de salida de cada uno (15) es dirigida a un solo
20 conducto de salida del Módulo 2 para su reenvío al Módulo 1 donde, como corriente (16) es liberada al exterior (si es biológicamente no activa) o a la instalación de evacuación que posee la el sistema de combustión del que inicialmente se toma la corriente (1).

25

En el resto de reactores de adsorción/desorción que se encuentran realizando el proceso de desorción PSA, la corriente de salida de los gases situados en el interior de los reactores de adsorción/desorción (14) constituye la corriente (17), la cual posee un enriquecimiento en los gases seleccionados para su separación variable con el tiempo en función del proceso de extracción por vacío, pasando desde una concentración de CO₂ del 0,4% a aproximadamente el 65% - 85% en función de las características de la corriente (1).

30

Mediante las bombas de vacío (18), la corriente (17) es extraída e impulsada por el compresor (20) para favorecer su inyección como corriente (21) al Módulo 1 para su mezcla con la corriente (5) durante la primera fase del proceso de desorción antes descrita, finalizando su función cuando el sistema de control (45) así lo determine. En ese momento,
35 la corriente (17) se convierte en la corriente (22) que se almacena en el primer tanque

pulmón (23) del Módulo 2. Una vez alcanza la presión de llenado máxima, el resto pasa como corriente (25) al segundo tanque pulmón (26) del Módulo 2 del que se obtiene la corriente (27) para su extracción al exterior o para su inyección como corriente de entrada al Módulo 3.

5

La corriente (24) parte del primer tanque pulmón (23) del Módulo 2 y se utiliza como corriente de arrastre en la tercera fase del proceso de desorción PSA antes descrito y se inyecta directamente en los reactores de adsorción/desorción (14) que se encuentren realizando el proceso de desorción.

10

El funcionamiento del Módulo 2 se ajusta mediante el sistema de control (45) adaptando en todo momento el funcionamiento de los sistemas activos situados en el Módulo 1 a las necesidades de concentración media y máxima de CO₂ en la corriente de salida del Módulo 2 y a efectos de optimización del proceso de desorción de los reactores de adsorción/desorción (14) que realizan el proceso de desorción en el Módulo 2.

15

La corriente (27, 28) de salida del Módulo 2 antes de ser inyecta al Módulo 3 en los reactores de adsorción/desorción (31) que se encuentren realizando el proceso de adsorción, de acuerdo a las instrucciones del sistema de control (45), se mezcla con la corriente (36), constituyendo la corriente (29), a la que se le mezcla la corriente (33), para constituir la corriente (30), la cual es la que finalmente se inyecta como corriente de entrada a los reactores de adsorción/desorción (31) que se encuentren realizando el proceso de adsorción en el Módulo 3. Las corrientes (33) y (36) se explican a continuación.

20

Tras el paso por estos reactores de adsorción/desorción (31) la corriente de salida de cada reactor de adsorción/desorción (32) es dirigida para su inyección al resto de reactores de adsorción/desorción como corriente (33) para su mezcla con la corriente (29) o se lleva mediante un conducto de salida del Módulo 3 para ser reenviada al Módulo 1 donde, como corriente (34) es liberada al exterior (si es biológicamente no activa) o a la instalación de evacuación que posee el sistema de combustión del que inicialmente se toma la corriente (1), de acuerdo a lo que indique el sistema de control (45) de la invención.

30

En el resto de reactores de adsorción/desorción (31) que se encuentran realizando el proceso de desorción PSA, la corriente de salida de los gases situados en el interior de los reactores de adsorción/desorción constituye la corriente (39), la cual posee un

35

enriquecimiento en los gases seleccionados para su separación variable con el tiempo en función del proceso de extracción por vacío, pasando desde una concentración de CO₂ del 65% - 85% a aproximadamente el 95% - 100% en función de las características de la corriente (1).

5

Mediante las bombas de vacío (38), la corriente (39) es extraída e impulsada por el compresor (37) para favorecer su inyección como corriente (36) a la corriente (28) para constituir la corriente (29) durante la primera fase del proceso de desorción antes descrita, finalizando su función cuando el sistema de control (45) así lo determine. En ese momento, la corriente (35) se convierte en la corriente (39) que se almacena en el primer tanque pulmón (40) del Módulo 3. Una vez alcanza la presión de llenado máxima, el resto para como corriente (42) al segundo tanque pulmón (43) del Módulo 3 del que se obtiene la corriente (44) para su extracción al exterior.

10

15

La corriente (41) parte del primer tanque pulmón (40) del Módulo 3 y se utiliza como corriente de arrastre en la tercera fase del proceso de desorción PSA antes descrito y se inyecta directamente en los reactores de adsorción/desorción (31) que se encuentren realizando el proceso de desorción.

20

El funcionamiento del Módulo 3 se ajusta mediante el sistema de control (45) adaptando en todo momento el funcionamiento de los sistemas activos situados en el Módulo 1 a las necesidades de concentración media y máxima de CO₂ en la corriente de salida del Módulo 3 y a efectos de optimización del proceso de desorción de los reactores de adsorción/desorción que realizan el proceso de desorción en el Módulo 3.

REIVINDICACIONES

1.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas, figura 1, caracterizada porque comprende:

- 5 - un primer Módulo de tratamiento de gases atmosféricos, dotado de un primer conducto de entrada para transportar hacia el primer conjunto de intercambiadores de calor (4), el sistema de compresión (8) y el de secado (10), una primera corriente de gases de entrada (1) gaseosa que comprende al menos una sustancia que se desea recuperar. Dicho primer Módulo de tratamiento de gases atmosféricos, está dotado del
- 10 resto de sistemas activos que precisan los Módulos 2 y 3 para su correcto funcionamiento (bombas de vacío (18), (38), sistemas de impulsión y compresores (20), (37), tuberías y valvulería apropiadas, tanques pulmón (23), (26), (40), (43), sistema eléctrico y sistema de control), de acuerdo a lo requerido para el correcto funcionamiento del sistema de control (45). Así mismo, está dotado de un primer
- 15 conducto de salida para movilizar la primera corriente de salida (13) hacia el Módulo 2 tras su adecuación en composición, presión y temperatura; un segundo conducto de salida para movilizar la corriente líquida (12), un segundo conducto de entrada para gestionar los gases adsorbidos en los reactores de adsorción/desorción (14) del Módulo 2, un tercer conducto de salida para enviar la corriente enriquecida de gases
- 20 en al menos una sustancia a separar (27) al Módulo 3, un tercer conducto de entrada para gestionar los gases adsorbidos en los reactores de adsorción/desorción (31) del Módulo 3 y un cuarto conducto de salida para enviar la corriente enriquecida de gases en al menos una sustancia a separar (44) al exterior.

25 2.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque comprende adicionalmente:

- un conjunto de sensores que permiten la monitorización de las condiciones de presión, temperatura y concentración de la sustancia que se desea concentrar en la corriente de salida (13).
- 30 - un sistema de control (45) que permite controlar las características óptimas de concentración de la sustancia gaseosa seleccionada, del contenido de agua de la

corriente (13), de su presión y temperatura para optimizar el funcionamiento de los Módulos 2 y 3.

- un sistema de control (45) que permite el funcionamiento del sistema en su punto óptimo de presión, concentración, humedad y temperatura a lo largo de los Módulos 2 y 3, actuando sobre los distintos equipos de separación de gases atmosféricos que conforman el Módulo 1.

3.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque comprende:

- un segundo Módulo de separación de gases atmosféricos, dotado de un primer conducto de entrada para transportar hacia los reactores de adsorción/desorción (14), tubería y valvulería suficiente para para el correcto funcionamiento del proceso de adsorción/desorción PSA descrito, una primera corriente de gases de entrada (9) gaseosa que comprende al menos una sustancia que se desea recuperar y que procede de la primera corriente de salida del Módulo 1. Así mismo, está dotado de un primer conducto de salida para movilizar la corriente de gases desorbida tras el proceso de desorción PSA (15) para su envío al Módulo 1 donde se controlará el proceso de desorción descrito, de acuerdo a lo requerido para el correcto funcionamiento del sistema de control (45).

4.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque comprende adicionalmente:

- un conjunto de sensores que permiten la monitorización de las condiciones de presión, temperatura y concentración de la sustancia que se desea concentrar en la corriente de salida (27).
- un sistema de control (45) que permite controlar la concentración media y máxima en la sustancia a separar obtenida en la corriente de salida del Módulo 2 (27) en función de lo requerido por especificaciones técnicas, cuyo funcionamiento es automático y adaptable sin modificación, a las características de la corriente de entrada al sistema (1) y a la de salida (27).
- un sistema de control (45) que permite el funcionamiento del sistema en su punto óptimo de presión, concentración, humedad y temperatura a lo largo del Módulo 2, actuando sobre los distintos equipos de separación de gases atmosféricos que conforman el Módulo 1.

5.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 3, caracterizada porque comprende:

- un tercer Módulo de purificación de gases atmosféricos, dotado de un primer conducto de entrada para transportar hacia los reactores de adsorción/desorción (31), tubería y valvulería suficiente para el correcto funcionamiento del proceso de adsorción/desorción PSA descrito, una primera corriente de gases de entrada (44) gaseosa que comprende al menos una sustancia que se desea recuperar y que procede de la quinta corriente de salida del Módulo 1. Así mismo, está dotado de un primer conducto de salida para movilizar la corriente de gases desorbida tras el proceso de desorción PSA (32) para su envío al Módulo 1 donde se controlará el proceso de desorción descrito, de acuerdo a lo requerido para el correcto funcionamiento del sistema de control (45).

6.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 3, caracterizada porque comprende adicionalmente:

- un conjunto de sensores que permiten la monitorización de las condiciones de presión, temperatura y concentración de la sustancia que se desea concentrar en la corriente de salida (44).

- un sistema de control (45) que permite controlar la concentración media y máxima en la sustancia a separar obtenida en la corriente de salida del Módulo 3 (44) en función de lo requerido por especificaciones técnicas, cuyo funcionamiento es automático y adaptable sin modificación, a las características de la corriente de entrada al sistema (1) y a la de salida (44).

- un sistema de control (45) que permite el funcionamiento del sistema en su punto óptimo de presión, concentración, humedad y temperatura a lo largo del Módulo 3, actuando sobre los distintos equipos de tratamiento de gases atmosféricos que conforman el Módulo 1.

7.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 3, caracterizada porque comprende:

- la interconexión de uno o más Módulos 1 con uno o más Módulos 2, caracterizada porque la corriente de salida (13) de cada Módulo tipo 1 es la corriente

de entrada de cada Módulo tipo 2.

8.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 3, caracterizada porque comprende
5 adicionalmente:

- un conjunto de sensores que permiten la monitorización de las condiciones de presión, temperatura y concentración de la sustancia que se desea concentrar en las corrientes de salida (13) y (27).

- un sistema de control (45) que permite controlar la concentración media y
10 máxima en la sustancia a separar obtenida en las corrientes de salida del Módulo 1 (13) y del Módulo 2 (27) en función de lo requerido por especificaciones técnicas, cuyo funcionamiento es automático y adaptable sin modificación, a las características de la corriente de entrada al sistema (1) y a las de salida (13) y (27).

- un sistema de control (45) que permite el funcionamiento del sistema en su
15 punto óptimo de presión, concentración, humedad y temperatura a lo largo de los Módulos 1 y 2 y 3, actuando sobre los distintos equipos de tratamiento de gases atmosféricos que conforman el Módulo 1.

9.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con las reivindicaciones 1, 3, 5 y 7, caracterizada porque comprende:
20

- la interconexión de uno o más Módulos 1 con uno o más Módulos 2 y con uno o más Módulos 3, caracterizada porque la corriente de salida (13) de cada Módulo 1 es la corriente de entrada de cada Módulo 2 y la corriente de salida (27) de cada Módulo 2 es la corriente de entrada de cada Módulo 3.
25

10.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con las reivindicaciones 1, 3, 5 y 7, caracterizada porque comprende adicionalmente:

- un conjunto de sensores que permiten la monitorización de las condiciones de
30 presión, temperatura y concentración de la sustancia que se desea concentrar en las corrientes de salida (13), (27) y (44).

- un sistema de control (45) que permite controlar la concentración media y máxima en la sustancia a separar obtenida en las corrientes de salida del Módulo 1 (13), del Módulo 2 (27) y del Módulo 3 (44) en función de lo requerido por

especificaciones técnicas, cuyo funcionamiento es automático y adaptable sin modificación, a las características de la corriente de entrada al sistema (1) y a las de salida (13), (27) y (44).

- un sistema de control (45) que permite el funcionamiento del sistema en su punto óptimo de presión, concentración, humedad y temperatura a lo largo de los Módulos 1, 2 y 3, actuando sobre los distintos equipos de tratamiento de gases atmosféricos que conforman el Módulo 1.

11.- Procedimiento para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas, empleando la instalación descrita en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, separando una sustancia de interés caracterizada porque comprende los siguientes pasos:

- introducción de la primera corriente de entrada (1) en el Módulo 1 de tratamiento de gases atmosféricos, resultando una primera corriente de salida (13) con concentración en la sustancia que se desea recuperar mayor que la de la primera corriente de entrada (1);
- medición de las características de caudal, concentración, presión y temperatura de las sustancias de la corriente (1) que se desean recuperar en la primera corriente de salida del Módulo 2 (27).
- comparación de las mediciones anteriores con unos criterios preestablecidos a través del sistema de control (45).
- adecuación de las condiciones de funcionamiento de concentración, presión y temperatura de la primera corriente de entrada (1) al Módulo 1 y de la salida de la primera corriente de salida (13).
- control y ajuste de los tiempos de adsorción y desorción para tratar de cumplir con los criterios preestablecidos de funcionamiento del sistema en su conjunto, alternando reactores de adsorción/desorción (14) del Módulo 2 para conseguir un funcionamiento continuo que no afecte a la instalación generadora de gases a separar.
- actuación sobre los equipos que componen el Módulo 1 para realizar los procesos de adsorción y desorción PSA en los reactores de adsorción/desorción (14) del Módulo 2 descritos en su punto óptimo de funcionamiento y rendimiento.
- adecuación de las condiciones de funcionamiento de concentración, presión y temperatura de la primera corriente de entrada (13) al Módulo 2 y de la salida de la primera corriente de salida (27).

12.- Procedimiento para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas, de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque comprende adicionalmente la purificación de una sustancia de interés caracterizada porque
5 comprende los siguientes pasos:

- introducción de la primera corriente de entrada (1) en el Módulo 1 de tratamiento de gases atmosféricos, resultando una primera corriente de salida (13) con concentración en la sustancia que se desea recuperar mayor que la de la primera corriente de entrada (1);

10 - medición de las características de caudal, concentración, presión y temperatura de las sustancias de la corriente (1) que se desean recuperar en la primera corriente de salida del Módulo 3 (44).

- comparación de las mediciones anteriores con unos criterios preestablecidos a través del sistema de control (45).

15 - adecuación de las condiciones de funcionamiento de concentración, presión y temperatura de la primera corriente de entrada (1) al Módulo 1 y de la salida de la primera corriente de salida (13).

- control y ajuste de los tiempos de adsorción y desorción para tratar de cumplir con los criterios preestablecidos de funcionamiento del sistema den su conjunto,
20 alternando reactores de adsorción/desorción (14) del Módulo 2 para conseguir un funcionamiento continuo que no afecte a la instalación generadora de gases a separar.

- actuación sobre los equipos que componen el Módulo 1 para realizar los procesos de adsorción y desorción PSA en los reactores de adsorción/desorción (14) del Módulo 2 descritos en su punto óptimo de funcionamiento y rendimiento.

25 - adecuación de las condiciones de funcionamiento de concentración, presión y temperatura de la primera corriente de entrada (13) al Módulo 2 y de la salida de la primera corriente de salida (27).

- control y ajuste de los tiempos de adsorción y desorción para tratar de cumplir con los criterios preestablecidos de funcionamiento del sistema den su conjunto,
30 alternando reactores de adsorción/desorción (31) del Módulo 3 para conseguir un funcionamiento continuo que no afecte a la instalación generadora de gases a separar.

- actuación sobre los equipos que componen el Módulo 1 para realizar los procesos de adsorción y desorción PSA en los reactores de adsorción/desorción (31) del Módulo 3 descritos en su punto óptimo de funcionamiento y rendimiento.

- adecuación de las condiciones de funcionamiento de concentración, presión y temperatura de la primera corriente de entrada (27) al Módulo 3 y de la salida de la primera corriente de salida (44).

5 13.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizada porque la sustancia que se desea recuperar es un gas de efecto invernadero.

10 14.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizada porque el gas de efecto invernadero se selecciona entre dióxido de carbono, nitrógeno, gases nitrogenados y gases de fósforo y / o azufre.

15 15.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 14, caracterizada porque la sustancia que se desea recuperar son óxidos de nitrógeno.

20 16.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, caracterizada porque la primera corriente de entrada (1) proviene de una corriente de escape de combustión.

25 17.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizada porque la sustancia que se desea recuperar es un gas de efecto invernadero.

30 18.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 17, caracterizada porque el gas de efecto invernadero se selecciona entre dióxido de carbono, nitrógeno, gases nitrogenados y gases de fósforo y / o azufre.

19.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 18, caracterizada porque la sustancia que se desea recuperar son óxidos de azufre, vapor de agua y/u oxígeno.

20.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, caracterizada porque la primera corriente de entrada (1) proviene de una corriente de escape de combustión.

21.- Procedimiento para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas, empleando la instalación descrita en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, realizando una extracción de una sustancia de interés caracterizada porque comprende los siguientes pasos:

- introducción de la primera corriente de entrada (1) en el Módulo 1 de tratamiento de gases atmosféricos, resultando una primera corriente de salida (13) con concentración en la sustancia que se desea recuperar mayor que la de la primera corriente de entrada (1);

- medición de las características de caudal, concentración, presión y temperatura de las sustancias de la corriente (1) que se desean recuperar en la primera corriente de salida del Módulo 2 (27).

- comparación de las mediciones anteriores con unos criterios preestablecidos a través del sistema de control (45).

- adecuación de las condiciones de funcionamiento de concentración, presión y temperatura de la primera corriente de entrada (1) al Módulo 1 y de la salida de la primera corriente de salida (13).

- control y ajuste de los tiempos de adsorción y desorción para tratar de cumplir con los criterios preestablecidos de funcionamiento del sistema en su conjunto, alternando reactores de adsorción/desorción (14) del Módulo 2 para conseguir un funcionamiento continuo que no afecte a la instalación generadora de gases a separar.

- actuación sobre los equipos que componen el Módulo 1 para realizar los procesos de adsorción y desorción PSA en los reactores de adsorción/desorción (14) del Módulo 2 descritos en su punto óptimo de funcionamiento y rendimiento.

- adecuación de las condiciones de funcionamiento de concentración, presión y temperatura de la primera corriente de entrada (13) al Módulo 2 y de la salida de la primera corriente de salida (27).

22.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizada porque la sustancia que se desea recuperar es un gas de efecto invernadero.

5 23.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 22, caracterizada porque el gas de efecto invernadero se selecciona entre dióxido de carbono, nitrógeno, gases nitrogenados y gases de fósforo y / o azufre.

10 24.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con la reivindicación 23, caracterizada porque la sustancia que se desea recuperar es dióxido de carbono.

15 25.- Instalación para recuperar sustancias gaseosas a partir de corrientes gaseosas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 22 a 24, caracterizada porque la primera corriente de entrada (1) al Módulo 1 proviene de una corriente de escape de combustión.
la tercera corriente de entrada (27).

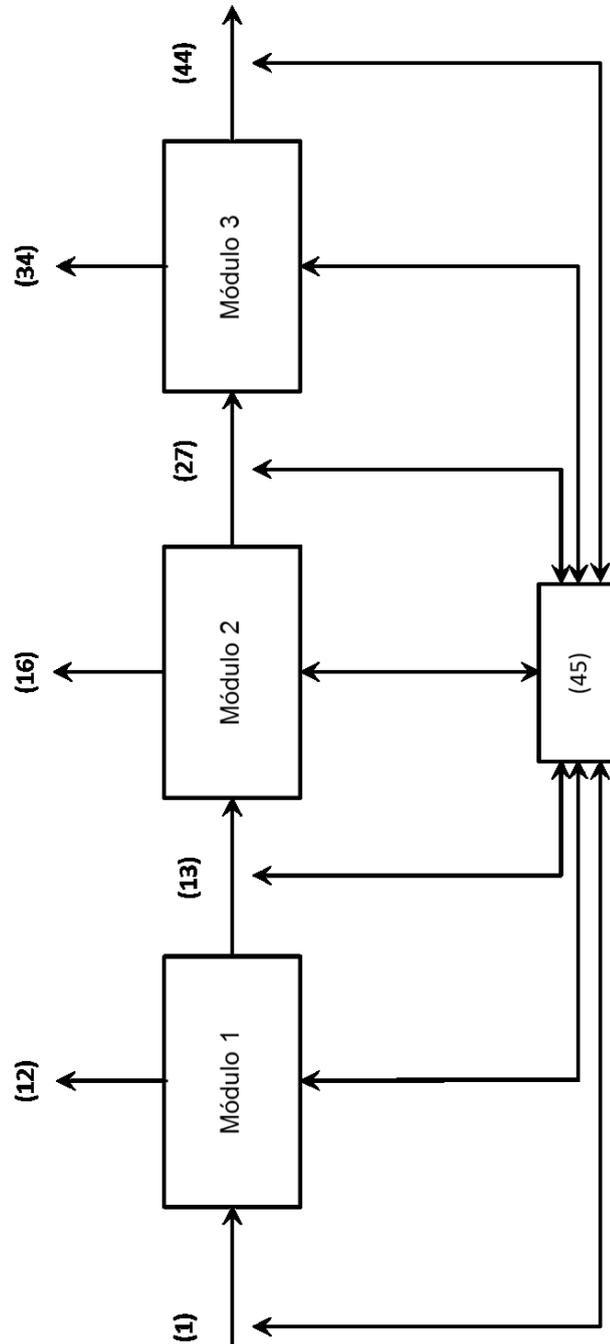
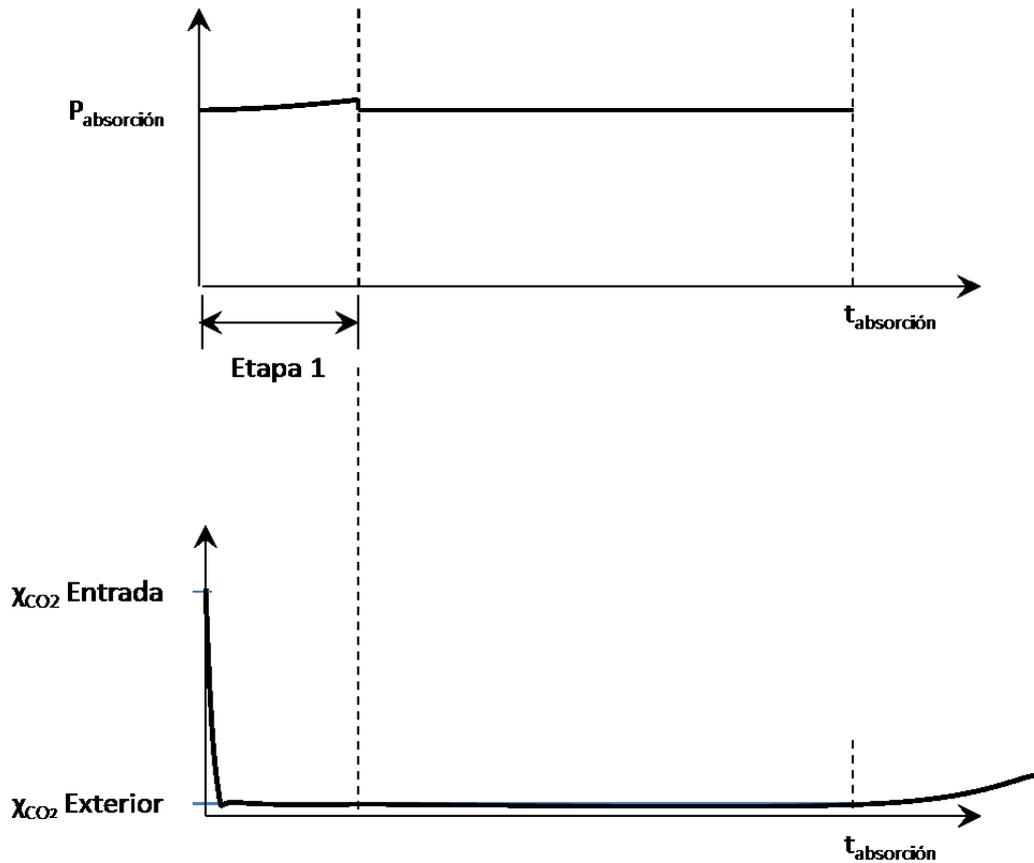


Figura 1.- Vista general del dispositivo de la invención y su funcionamiento



Etapa 1 = Primera Etapa del proceso de desorción PSA propuesto

Figura 2.- Evolución de los parámetros clave del proceso de adsorción en el dispositivo de la invención

- (a) = Etapa 1 = Primera Etapa del proceso de desorción PSA propuesto. Recirculación de gases desorbidos.
- (b) = Etapa 2 = Segunda Etapa del proceso de desorción PSA propuesto. Desorción a vacío.
- (c) = Etapa 3 = Tercera Etapa del proceso de desorción PSA propuesto. Desorción por arrastre.

Figura 3.- Etapas del proceso de desorción PSA de la invención y su funcionamiento

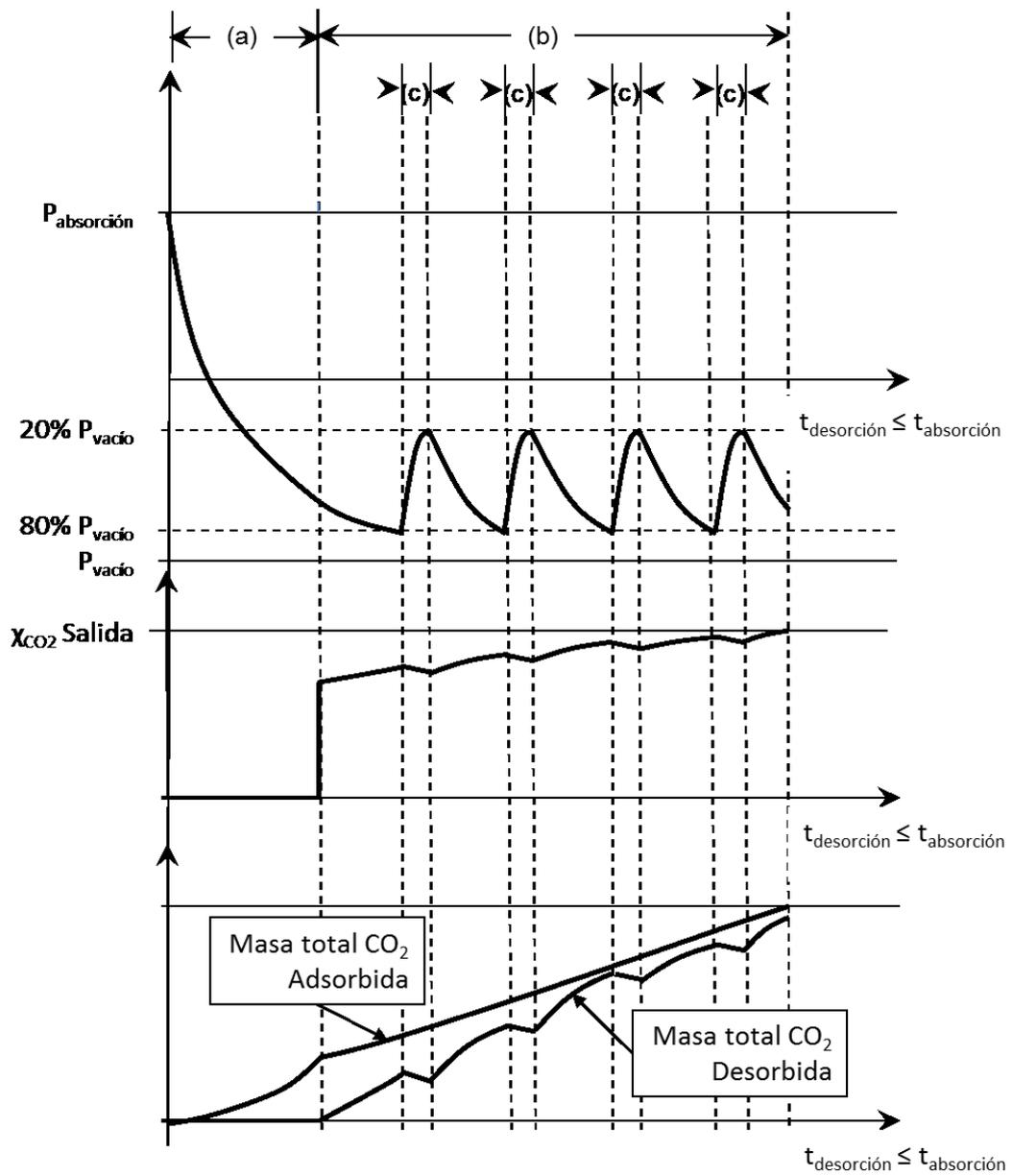


Figura 4. Evolución de los parámetros clave del proceso de desorción en el dispositivo de la invención

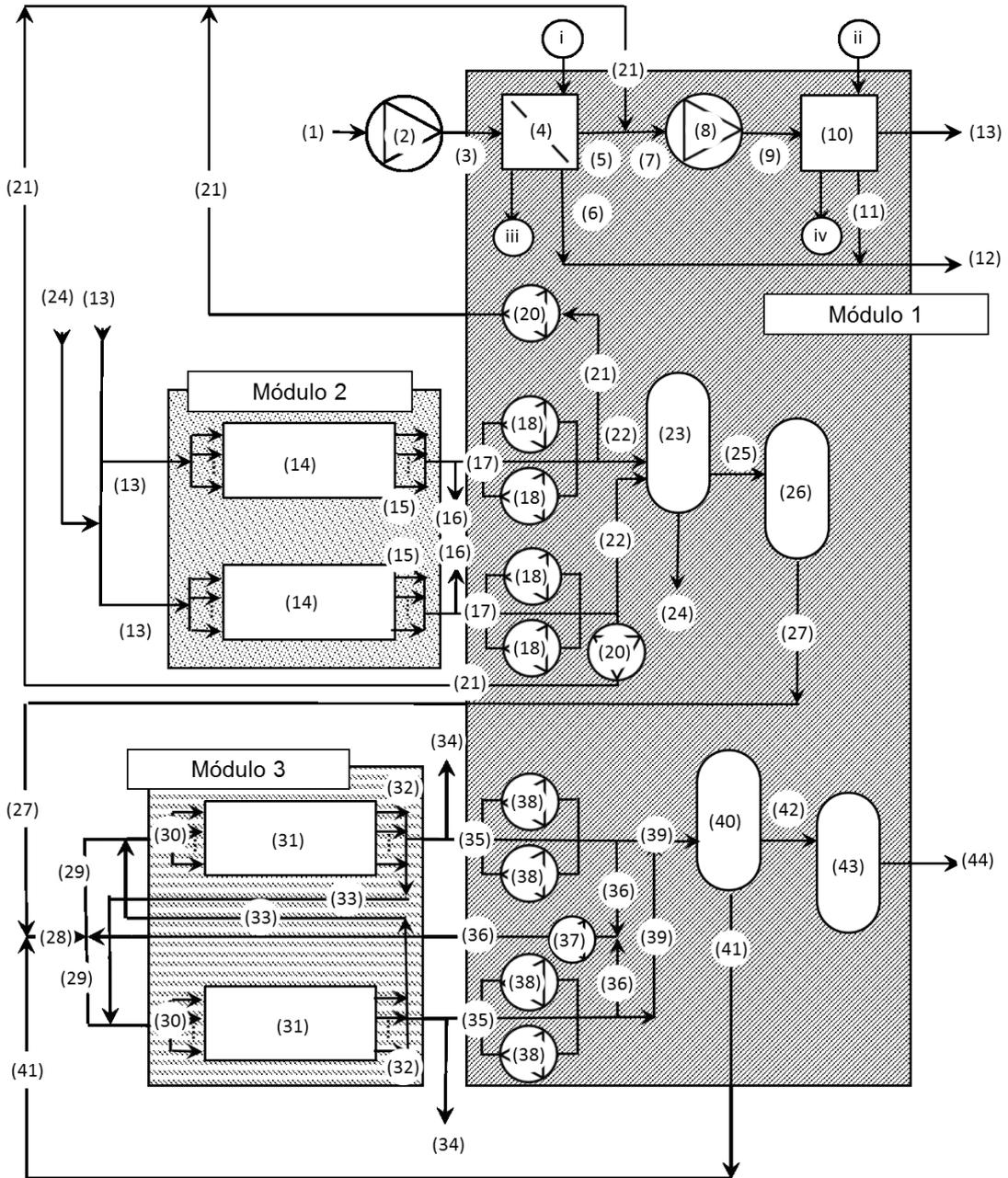


Figura 5.- Vista de la instalación de la invención y su funcionamiento



- ②¹ N.º solicitud: 201830944
 ②² Fecha de presentación de la solicitud: 29.09.2018
 ③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤¹ Int. Cl.: **B01D53/047** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 8012446 B1 (WRIGHT ANDREW DAVID et al.) 06/09/2011, columnas 5 - 13; figuras 3 - 5.	1-25
X	US 2004179998 A1 (GITTLEMAN CRAIG S et al.) 16/09/2004, párrafos [0013 - 0054]; figuras 1 - 3.	1-25
A	US 2002110504 A1 (GITTLEMAN CRAIG S et al.) 15/08/2002, párrafos [0013 - 0071].	1-25
A	ES 2407584 A2 (IBERDROLA INGENIERIA Y CONSTRUCCION S A U) 13/06/2013, Párrafos [0009 - 0047]; figura 1.	1-25
A	US 5906675 A (JAIN RAVI et al.) 25/05/1999, columnas 4 - 11.	1-25

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

<p>Fecha de realización del informe 24.02.2020</p>	<p>Examinador C. Galdeano Villegas</p>	<p>Página 1/2</p>
---	---	------------------------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B01D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC