

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 004 882**

51 Int. Cl.:

B01D 53/02 (2006.01)

B01D 53/14 (2006.01)

B01J 20/22 (2006.01)

B01J 20/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.11.2018** **PCT/GB2018/053168**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.11.2019** **WO19215419**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2018** **E 18796093 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2025** **EP 3790646**

54 Título: **Método de adsorción de un gas en un líquido**

30 Prioridad:

11.05.2018 WO PCT/GB2018/051279

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.03.2025

73 Titular/es:

THE QUEEN'S UNIVERSITY OF BELFAST
(100.00%)

University Road
Belfast BT7 1NN, GB

72 Inventor/es:

JAMES, STUART;
TSANG, MIN YING y
CAHIR, JOHN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 004 882 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

Método de adsorción de un gas en un líquido

La presente invención se refiere a un procedimiento de adsorción de un gas en un líquido, que comprende al menos la etapa de poner el gas en contacto con una dispersión que comprende partículas porosas dispersas en una fase líquida, donde las partículas porosas comprenden una zeolita y la fase líquida es un líquido de tamaño excluido.

Antecedentes

Se conocen fases líquidas para la disolución de gases. Se sabe que las soluciones de varias aminas en agua, u otros solventes, disuelven el CO₂ y se aplican industrialmente en el "edulcorante" de gas natural. Sin embargo, estas metodologías comprenden el uso de materiales tóxicos; son corrosivos para el acero, lo que limita sus usos industrialmente; y requieren grandes cantidades de energía para regenerarse. También son inespecíficos y, por lo tanto, no se pueden utilizar para la separación de gases diana o específicos. Un tipo de solvente de éter de glicol llamado Genosorb se utiliza en la industria para separar CO₂ de CH₄. Sin embargo, la absorción de CO₂ de Genosorb es limitada, al igual que su selectividad para CO₂ sobre CH₄.

Sólidos porosos tales como zeolitas son útiles en la separación molecular debido a su porosidad permanente. Adsorbentes sólidos porosos tienen ventajas significativas, por ejemplo, en términos de menores penalizaciones de energía en los ciclos de adsorción-desorción en comparación con sus contrapartes líquidas, pero son difíciles de incorporar en los procedimientos de flujo convencionales. El uso de zeolita sólida Rho como adsorbente para la separación de CO₂/CH₄ se describe en Palomino et al, *Chem. Commun.*, 2012, **48**, 215-217.

El documento US 2014/157984 A1 describe materiales adsorbentes para realizar la separación de gases.

Posteriormente se han desarrollado líquidos porosos (líquidos con porosidad permanente o dispersiones) para su uso en la separación molecular. Estos líquidos porosos se han clasificado en tres tipos diferentes (*Chem. Eur. J.*, **2007**, **13**, 3020) de la siguiente manera:

- Tipo 1 - huéspedes líquidos puros que comprenden moléculas que tienen una cavidad interna, y que las moléculas no pueden colapsar o interpenetrar,
- Tipo 2 - moléculas huésped que tienen una cavidad interna, las moléculas se disuelven en un disolvente que no puede ocupar las cavidades del huésped, y
- Tipo 3 - partículas de un marco molecular del huésped dispersadas en un líquido que no puede ocupar las cavidades del huésped.

Por lo tanto, cada tipo de líquido poroso comprende un "huésped" que tiene una cavidad donde, por ejemplo, podrían absorberse moléculas de gas.

Las desventajas de los líquidos porosos conocidos incluyen que su preparación implica varias etapas y requiere una experiencia altamente especializada. Los disolventes utilizados para prepararlos a menudo son volátiles, lo que restringe su uso en aplicaciones que utilizan presión reducida para eliminar los gases disueltos. Además, la solubilidad de los gases en estos líquidos es difícil de predecir debido a la falta de datos disponibles.

Se buscan líquidos que tengan propiedades mejoradas, particularmente alta absorción de CO₂ y selectividad mejorada para CO₂ sobre CH₄. Esto puede proporcionar una mayor eficiencia en procedimientos industriales donde estas propiedades son útiles, por ejemplo, al reducir las velocidades de circulación.

Declaración de la invención

Esta invención se refiere a un procedimiento de adsorción de un gas en un líquido, que comprende al menos la etapa de poner el gas en contacto con una dispersión que comprende partículas porosas dispersas en una fase líquida, donde las partículas porosas comprenden una zeolita y la fase líquida es un líquido de tamaño excluido, donde el término líquido de tamaño excluido se define como un líquido que se excluye de los poros de las partículas porosas, ya sea porque tiene un tamaño molecular que es demasiado grande para entrar en los poros de las partículas porosas, o su entrada en los poros de las partículas porosas es termodinámica o cinéticamente desfavorable.

En general, una dispersión es un sistema donde las partículas se dispersan en una fase continua de una composición diferente. El término "dispersión" se usa en relación con la invención para hacer referencia a un sistema donde las partículas de un sólido poroso se dispersan en una fase o medio líquido. La dispersión puede comprender opcionalmente aditivos, tales como tensioactivos, con el fin de aumentar la estabilidad de la dispersión. Los expertos en la materia conocen dichos aditivos.

Se sabe que algunas dispersiones dependen del tiempo antes del inicio de la separación de las partículas sólidas en la fase líquida o medio, posiblemente debido a que requieren alguna forma de agitación para continuar como una dispersión. La presente invención no se limita a la estabilidad o transitoriedad de la dispersión.

Más particularmente, la dispersión puede ser un líquido poroso tipo 3.

En particular, las partículas porosas pueden ser micropartículas y/o nanopartículas. Más particularmente, las partículas porosas pueden ser micropartículas. Las micropartículas se definen en general como partículas que tienen un diámetro medio en el intervalo de 0,1-100 μm (es decir, 100-100.000 nm). Más particularmente, las partículas porosas pueden tener un diámetro medio en el intervalo de 0,1-2 μm (es decir, 100-2000 nm). Las nanopartículas se definen en general como partículas que tienen un diámetro medio en el intervalo de 1-100 nm.

Más particularmente, los poros de las partículas porosas pueden comprender microporos (es decir, que tienen un diámetro de poro de menos de 2 nm), mesoporos (es decir, que tienen un diámetro de poro en el intervalo de 2-50 nm) o una mezcla de microporos y mesoporos.

En algunas realizaciones, la zeolita se puede seleccionar de zeolita Rho, zeolita Na-Rho, ECR-18, ZSM-25 y PST-20. Más particularmente, la zeolita puede ser zeolita Rho.

Las zeolitas pueden definirse en general como materiales de aluminosilicato que son cristalinos y porosos. La zeolita Rho es un tipo de zeolita que se puede definir como que tiene una relación Si/Al en el intervalo 1-8, más particularmente 2-6. En particular, la zeolita Rho puede tener un diámetro medio de poro de 1,9-6,0 Angstroms, más particularmente 2,9-4,0 Angstroms, incluso más particularmente aproximadamente 3,6 Angstroms. En particular, puede tener un volumen de poro de 0,22-0,44 cm^3g^{-1} , más particularmente 0,24-0,33 cm^3g^{-1} , incluso más particularmente aproximadamente 0,26 cm^3g^{-1} . Más particularmente, la zeolita Rho puede tener una estructura cristalina cúbica centrada en el cuerpo.

Un líquido de tamaño excluido se define en el contexto de la invención como un líquido que se excluye de los poros (es decir, las cavidades) dentro de las partículas porosas. Esto puede deberse a que el líquido de tamaño excluido tiene un tamaño molecular que es demasiado grande para entrar en los poros de las partículas porosas. De manera alternativa, la entrada en los poros de las partículas porosas puede ser termodinámica o cinéticamente desfavorable.

En particular, el líquido de tamaño excluido puede seleccionarse de un glicol; 15- corona-5; una amina terciaria que tiene sustituyentes arilo o alquilo sustituidos o no sustituidos, por ejemplo, cada sustituyente puede ser individualmente arilo o alquilo sustituido o no sustituido $\text{C}_6\text{-C}_{10}$; la amina terciaria puede ser una trietilamina, donde cada grupo alquilo es individualmente alquilo $\text{C}_6\text{-C}_{10}$, más particularmente alquilo $\text{C}_7\text{-C}_9$, por ejemplo, trietilamina; metacrilato de 2-(terc-butilamino)etil; un fosfato de trialquilo, donde cada grupo alquilo es individualmente alquilo $\text{C}_2\text{-C}_6$, más particularmente alquilo $\text{C}_3\text{-C}_5$, por ejemplo, fosfato de tributilo; un ftalato de dialquilo, donde cada grupo alquilo es individualmente alquilo $\text{C}_6\text{-C}_{10}$, más particularmente alquilo $\text{C}_7\text{-C}_9$, por ejemplo, ftalato de dioctilo; y sebacato de bis(2-etilhexilo). Más particularmente, el glicol puede ser un polialquilenglicol. En particular, el polialquilenglicol puede ser un polietilenglicol o un polipropilenglicol. Más particularmente, el polietilenglicol puede seleccionarse de un éter dialquílico de polietilenglicol y un carboxilato de polietilenglicol. En particular, el polietilenglicol dialquil éter puede seleccionarse de un polietilenglicol dimetil éter y un polietilenglicol dibutil éter.

El éter dimetílico de polietilenglicol puede estar en forma de una mezcla con uno o más componentes diferentes. Ejemplos de mezclas incluyen:

(i) éter dimetílico de polietilenglicol con éter dimetílico de trietilenglicol y éter bis(2-(2-metoxietoxil)etil) (por ejemplo, Genosorb 1753 - éter dimetílico de trietilenglicol (4,9 % p/p); éter bis(2-(2-metoxietoxil)etil) (≤ 13 %p/p));

(ii) éter dimetílico de polietilenglicol con éter dimetílico de trietilenglicol (por ejemplo, Genosorb 1900 - éter dimetílico de trietilenglicol (4,9 % p/p)); y

(iii) polietilenglicol dimetil éter con diaril-p-penilendiaminas, trietilenglicol dimetil éter y bis(2-(2-metoxietoxil)etil)éter (por ejemplo, Genosorb 300 - mezcla de diaril-p-penilendiaminas (< 1 %p/p); trietilenglicol dimetil éter (4,9 % p/p); bis(2-(2-metoxietoxil)etil)éter (≤ 13 %p/p)).

El éter dibutílico de polietilenglicol puede estar en forma de una mezcla con uno o más componentes diferentes. Un ejemplo de mezclas es polietilenglicol dibutil éter con diaril-p-penilendiaminas (por ejemplo, Genosorb 1843 - mezcla de diaril-p-penilendiaminas $\geq 0,25$ - < 1 %p/p)).

En particular, la zeolita puede ser zeolita Rho y el líquido de tamaño excluido puede ser un éter dimetílico de polietilenglicol, un éter dibutílico de polietilenglicol, 15-corona-5 o sebacato de bis(2-etilhexilo). Más particularmente, la zeolita puede ser zeolita Rho y el líquido de tamaño excluido puede ser un éter dimetílico de polietilenglicol. Incluso más particularmente, la zeolita puede ser zeolita Rho y el líquido de tamaño excluido puede ser un éter dimetílico de polietilenglicol en forma de una mezcla con uno o más de otros componentes como se definió anteriormente.

En particular, la dispersión puede comprender 0,1-50 % en peso de las partículas porosas, más particularmente 5-40 % en peso. Incluso más particularmente, la dispersión puede comprender 10-30 % en peso de las partículas porosas, más particularmente 10-15 % en peso.

En la dispersión según la presente invención, los poros de las partículas porosas pueden ser accesibles a un gas. Opcionalmente, el gas puede ser CO₂, CH₄, N₂, C₂H₄, C₂H₆, Xe, SF₆, C₃H₈ o H₂, o una mezcla de los mismos. Más particularmente, el gas puede seleccionarse de CO₂ y CH₄, incluso más particularmente el gas puede ser CO₂.

5 En una realización, el gas en el procedimiento está en una mezcla de gases y el gas es adsorbido selectivamente por la dispersión.

En particular, el gas en el procedimiento puede ser CO₂, CH₄, N₂, C₂H₄, C₂H₆, Xe, SF₆, C₃H₈ o H₂, o una mezcla de los mismos. Más particularmente, el gas puede seleccionarse de CO₂ y CH₄, incluso más particularmente el gas puede ser CO₂.

10 En particular, el procedimiento para adsorber un gas en un líquido puede comprender adicionalmente, después de la etapa de poner el gas en contacto con la dispersión, la etapa de regenerar la dispersión. Más particularmente, la etapa de regeneración puede comprender aplicar un vacío a la dispersión. En particular, la etapa de regeneración puede comprender calentar la dispersión a una temperatura de al menos 30 °C, más particularmente al menos 40 °C, incluso más particularmente al menos 50 °C. En particular, las etapas de aplicar el vacío y el calentamiento se pueden llevar a cabo al mismo tiempo. Más particularmente, las etapas de aplicar el vacío y calentar se pueden llevar a cabo durante al menos 10 minutos, incluso más particularmente al menos 20 minutos, más particularmente al menos 30 minutos.

15 También se describe, pero no se reivindica, un procedimiento para preparar una dispersión que comprende al menos la etapa de: mezclar (i) partículas porosas que comprenden una zeolita y (ii) un líquido de tamaño excluido. Las partículas porosas pueden ser como se definió anteriormente. El líquido de tamaño excluido puede ser como se ha definido anteriormente. Más particularmente, la dispersión formada por el procedimiento puede ser como se definió anteriormente.

Opcionalmente, la mezcla incluye agitación, remoción, sonicación o molienda o una combinación de las mismas. Más particularmente, el procedimiento puede comprender agitar la mezcla.

25 También se describe, pero no se reivindica, un conjunto de una dispersión que comprende partículas porosas dispersas en una fase líquida, donde las partículas porosas comprenden una zeolita y la fase líquida es un líquido de tamaño excluido, donde la zeolita comprende una cavidad y un gas contenido dentro de la cavidad. Más particularmente, el gas puede ser CO₂, CH₄, N₂, C₂H₄, C₂H₆, Xe, SF₆, C₃H₈ o H₂, o una mezcla de los mismos. En particular, el gas puede seleccionarse de CO₂ y CH₄, incluso más particularmente el gas puede ser CO₂.

Breve descripción de los dibujos

30 Esta invención se describirá más detalladamente por referencia a las siguientes figuras, que no pretenden limitar el alcance de la invención reivindicada, donde:

La Figura 1A muestra datos de difracción de rayos X en polvo (PXRD) que comparan el patrón teórico para la zeolita Rho y el patrón para la zeolita Rho preparada en los ejemplos tanto antes como después de la calcinación a 500 °C durante 8 horas,

35 **La Figura 1B** muestra datos de PXRD que comparan la zeolita Rho, Genosorb 1753, y dispersiones de 12,5 % en peso y 25 % en peso de zeolita Rho en Genosorb 1753,

La Figura 2 muestra una imagen de microscopio electrónico de barrido (MEB) de la zeolita Rho preparada,

La Figura 3 muestra la absorción de CO₂ de Genosorb 1753 a tres temperaturas diferentes y a presiones de 1-5 bar,

40 **La Figura 4** muestra la absorción de CO₂ de una dispersión de 12,5 % en peso de zeolita Rho en Genosorb 1753 a tres temperaturas diferentes y a presiones de 1-5 bar,

La Figura 5 muestra la captación de CO₂ de una dispersión de 25 % en peso de zeolita Rho en Genosorb 1753 a tres temperaturas diferentes y a presiones de 1-5 bar,

La Figura 6 muestra la solubilidad de CO₂ de una dispersión de 12,5 % en peso de zeolita Rho en Genosorb 1753 antes de su uso, después de su uso y regeneración a 25° C, y después de su uso y regeneración a 50° C, y

45 **La Figura 7** muestra un reactor Parr utilizado en los estudios de actualización de gases a altas presiones.

Ejemplos

Síntesis

Hay dos procedimientos informados para sintetizar zeolita Rho según la bibliografía. Para el estudio actual de la zeolita Rho, se usó el procedimiento 1 para sintetizar material de alta cristalinidad.

Procedimiento 1 (véase Palomino et al., *Chem. Commun.*, 2012, **48**, 215-217): Se disolvieron éter 18- corona-6 (4,70 g, 17,78 mmol), hidróxido de cesio (3,53 g, 23,54 mmol) e hidróxido de sodio (1,70 g, 42,50 mmol) en 30 ml de agua desionizada. Se añadió aluminato de sodio (6,60 g, 32,65 mmol) a esta solución y se agitó hasta que se disolvió por completo. A continuación, se añadió sílice coloidal Ludox AS-40 (52,5 g, 873,8 mmol). La mezcla resultante se agitó durante la noche a temperatura ambiente y a presión atmosférica. Posteriormente, la mezcla precursora obtenida se colocó en un autoclave de acero inoxidable revestido con teflón a 398K durante 3 días para cristalización. A continuación, la zeolita Rho resultante se lavó con agua desionizada por filtración hasta neutralidad y se calcinó a 773K durante aproximadamente 3 horas para eliminar la plantilla orgánica (18-corona-6).

Procedimiento 2 (véase Mousavi et al., *Ceramics International*, 39 (2013), 7149-7158): Se disolvieron hidróxido de cesio (1,91 g, 12,75 mmol) e hidróxido de sodio (3,274 g, 81,75 mmol) en 20 ml de agua desionizada. Se añadió aluminato de sodio (3,94 g, 19,51 mmol) a esta solución y se agitó hasta que se disolvió por completo. A continuación, se añadió sílice coloidal Ludox AS-40 (33,88 g, 563,9 mmol). La mezcla resultante se agitó durante la noche a temperatura ambiente y a presión atmosférica. La mezcla precursora obtenida se colocó a continuación en un autoclave de acero inoxidable revestido con teflón a 358 K en un baño de aceite durante 7 días para cristalización. A continuación, la zeolita Rho resultante se lavó con agua desionizada por filtración hasta neutralidad.

Procedimiento 3: Se disolvieron hidróxido de cesio (1,91 g, 12,75 mmol) e hidróxido de sodio (3,274 g, 81,75 mmol) en 20 ml de agua desionizada. Se añadió aluminato de sodio (3,94 g, 19,51 mmol) a esta solución y se agitó hasta que se disolvió por completo. A continuación, se añadió sílice coloidal Ludox AS-40 (33,88 g, 563,9 mmol). A continuación, se añadieron 400 mg de zeolita cristalina Rho (siembra) a la mezcla resultante y se agitó durante la noche a temperatura ambiente a presión atmosférica. La mezcla precursora obtenida se colocó a continuación en un matraz de teflón a 358K en baño de aceite durante 7 días para cristalización. A continuación, la zeolita Rho resultante se lavó con agua desionizada por filtración hasta neutralidad.

Los datos de zeolita Rho a continuación son el resultado de las pruebas realizadas en el material fabricado por el Procedimiento 1.

La dispersión (también denominada a veces como un "líquido poroso") se preparó mezclando Genosorb 1753 y zeolita Rho agitando los componentes en un matraz de laboratorio hasta la formación de una dispersión homogénea, típicamente alrededor de 15 minutos. También se pueden usar otras técnicas que faltan, como trituración, molienda o sonicación.

Caracterización

El líquido poroso de zeolita Rho - Genosorb 1753 se caracterizó por difracción de rayos X en polvo (PXRD), análisis termogravimétrico (TGA) y espectroscopía infrarroja (IR). El espectro de PXRD de la zeolita Rho en el líquido poroso Genosorb (véase la Figura 1B) muestra un patrón idéntico al de la zeolita Rho original (véanse las Figuras 1A y 1B). Esto confirma que los componentes de la zeolita permanecen intactos y cristalinos después de mezclar con Genosorb.

Una imagen SEM de la zeolita original Rho (es decir, no como una dispersión) se muestra en la Figura 2. Esto demuestra que el tamaño de partícula es de alrededor de 1,0-1,2 μm .

Estudios de captación de gas

Medición de baja presión (c.a. condición de 0,8 bar; 25 °C) - Los estudios de solubilidad en gas se llevaron a cabo mediante el uso de una técnica volumétrica basada en un procedimiento isocórico (véase S. L. James et. al.; *Nature*, **527**, 216).

Todas las mediciones se llevaron a cabo a alrededor de 0,8 bar y 298K. Los resultados muestran que la adición de zeolita Rho al disolvente comercial Genosorb 1753 aumenta significativamente la selectividad de CO_2/CH_4 (véase la Tabla 1 a continuación). La zeolita Rho no pierde su capacidad de gas y la absorción de gas es predecible.

Tabla 1

	Genosorb 1753	12,5 % en peso Zeolita Rho en Genosorb	25 % en peso Zeolita Rho en Genosorb
Solubilidad de CO_2 *	0,209 mmol/g (9,234 mg/g)	0,475 mmol/g (20,923 mg/g)	0,738 mmol/g (32,499 mg/g)
Solubilidad de CH_4 †	0,055 mmol/g (0,882 mg/g)	0,043 mmol/g (0,6463 mg/g)	0,027 mmol/g (0,4383 mg/g)

CO ₂ /CH ₄	c.a. 3,8	c.a. 10,32	c.a. 23,06
----------------------------------	----------	------------	------------

* de equipamiento de gas de gran volumen (V2)

' de equipamiento de gas de pequeño volumen (V1), el error es grande debido a la pequeña cantidad de absorción de CH₄

Medición de alta presión (1-5 bar, 25 °C-75 °C) - Los estudios de solubilidad de gas a alta presión se llevaron a cabo mediante el uso de un reactor Parr basado en un flujo de masa (véase A.M. Orozco et. al., *Industrial Crops and products*, **2013**, *44*, 1 para una configuración experimental similar).

Todas las mediciones se realizaron de 1 a 5 bar a 298K, 323K y 348K. Las mediciones de alta presión también muestran resultados predecibles. La Tabla 2 a continuación, y las Figuras 3-5, muestran la captación de CO₂ de Genosorb 1753, una dispersión de 12,5 % en peso de zeolita Rho en Genosorb 1753 y una dispersión de 25 % en peso de zeolita Rho en Genosorb 1753. La siguiente Tabla 3 muestra los valores experimentales para la zeolita pura Rho a 298K, más los valores previstos para el 12,5 % en peso de zeolita Rho en Genosorb 1753 y el 25 % en peso de zeolita Rho en dispersiones de Genosorb 1753.

La solubilidad de CO₂ medida de las dispersiones es comparable a su valor predicho a baja presión, pero ligeramente menor que el valor predicho a alta presión. Las mediciones de absorción de gas a alta presión muestran que la adición de zeolita Rho al disolvente Genosorb 1753 mejora significativamente la absorción de CO₂ y el intervalo operativo para un sistema de adsorción/desorción por cambio de presión y temperatura.

Tabla 2

	Genosorb			12,5 % en peso de zeolita Rho en Genosorb			25 % en peso de zeolita Rho en Genosorb		
	298K	323K	348K	298K	323K	348K	298K	323K	348K
1 bar	5,478	5,044	3,669	16,457	11,476	7,919	30,024	21,639	15,234
2 bar	11,331	9,687	7,423	29,015	19,852	14,160	48,327	33,558	24,342
3 bar	17,493	14,571	11,727	35,968	36,580	19,339	58,322	41,623	30,804
4 bar	24,221	19,598	16,206	42,717	32,829	24,000	65,377	50,361	36,102
5 bar	31,471	25,089	20,853	49,862	37,909	29,408	72,444	58,028	41,274

Tabla 3

	298K		
	Experimental zeolita Rho pura	Teórico 12,5 % en peso de zeolita Rho	Teórico 25 % en peso de zeolita Rho
1 bar	108,12	18,31	31,14
2 bar	170,00	31,16	51,00
3 bar	200,57	40,38	63,26
4 bar	216,69	48,28	72,34
5 bar	228,68	56,12	80,77

Reversibilidad/Regeneración

La facilidad de regeneración del material es una propiedad útil que puede proporcionar una reducción en el costo de regeneración. Es difícil de lograr con la tecnología basada en aminas en la actualidad debido a la alta penalización energética. Se entiende que las dispersiones de la invención se regeneran fácilmente mediante la aplicación de calentamiento suave o vacío. Como se muestra 10 en la Figura 6, el líquido poroso (12,5 % en peso de zeolita RHO

en Genosorb 1753) muestra aproximadamente una recuperación del 62,5 % en la capacidad de absorción de CO₂ cuando se ha sometido a una regeneración a temperatura ambiente al vacío durante 30 minutos. Sin embargo, la capacidad de absorción de CO₂ se recupera a alrededor del 92 % cuando se utilizan las mismas condiciones de regeneración, pero la temperatura se aumenta a 50 °C.

5 Estudios adicionales de captación de CO₂

Se prepararon dispersiones adicionales que comprendían combinaciones de partículas porosas con diversos líquidos mezclando las partículas porosas con el líquido como se describió anteriormente. Las dispersiones producidas, y sus valores de absorción de CO₂ teóricos y reales en mg/g, se muestran en las Tablas 4a-c a continuación.

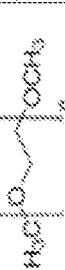
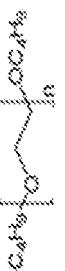
						
	Éter dimetilico de polietilenglicol (Genosorb 1753) - Captación de CO ₂ mg/g (mmol/g)	Éter dimetilico de polietilenglicol (Genosorb 300) - Captación de CO ₂ mg/g (mmol/g)	Éter dimetilico de polietilenglicol (Genosorb 1900) - Captación de CO ₂ mg/g (mmol/g)	Polietilenglicol dibutil éter (Genosorb 1843) - Captación de CO ₂ mg/g (mmol/g)	Polipropilenglicol - Captación de CO ₂ mg/g (mmol/g)	
	% en peso	Cal.	Exp.	Cal.	Exp.	Cal.
	9,23 (0,21)	5,64 (0,13)	6,7 (0,15)	7,3 (0,17)		
Zeolita Rho	12,5	22,58 (0,51)	16,18 (0,37)	15,93 (0,36)	19,6 (0,45)	15,69 (0,36) 18,96 (0,43)
	25	33,6 (0,75)	-	-	-	-
PAF-1	12,5	31,91 (0,76)	-	-	-	-
ZIF-8	12,5	5,64 (0,13)	-	-	-	-
Al(fum)(OH)	12,5	11,78 (0,27)	-	-	-	-

Tabla 4a

	Aceite de silicona (50cst) - Captación de CO ₂ mg/g (mmol/g)	15-corona-5 - Captación de CO ₂ mg/g (mmol/g)	dimetacrilato de poli(etilenglicol) - absorción de CO ₂ mg/g (mmol/g)	Bis(2-etilhexanoato) de polietilenglicol - Captación de CO ₂ mg/g (mmol/g)	dibenzoato de polietilenglicol - absorción de CO ₂ mg/g (mmol/g)		
	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	% en peso	Cal.
	Cal.	Cal.	Cal.	Cal.	Cal.		
	9,38 (0,21)	4,37 (0,099)	4,53 (0,10)	7,91 (0,18)	2,8 (0,063)		
	20,23 (0,46)	18,71 (0,43)	-	14,23 (0,33)	16,65 (0,39)	12,5	17,01 (0,39)
	18,92 (0,43)	17,57 (0,40)	-	21,48 (0,49)	-	25	-
	-	-	-	-	-		
	9,24 (0,21)	9,68 (0,22)	8,91 (0,20)	11,30 (0,26)	6,7 (0,15)	12,5	7,05 (0,16)
	-	-	-	14,84	-	25	-
	16,28 (0,37)	-	-	-	-	12,5	-
	20,68 (0,47)	-	-	-	-	12,5	-

Tabla 4b

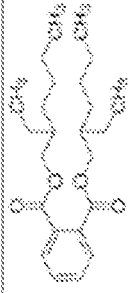
						
		Trietilamina - Captación de CO₂ mg/g (mmol/g)	Metacrilato de 2-(terc-butilamino)etilo - Captación de CO₂ mg/g (mmol/g)	Fosfato de tributilo - Captación de CO₂ mg/g (mmol/g)	Ftalato de dioctilo - Captación de CO₂ mg/g (mmol/g)	Sebacato de bis(2-etilhexilo) - Captación de CO₂ mg/g (mmol/g)
	% en peso	Exp.	Cal.	Exp.	Exp.	Exp.
		2,92 (0,066)		6,33 (0,14)	2,65 (0,06)	9,38 (0,21)
Zeolita Rho	12,5	18,85 (0,43)	17,12 (0,39)	15,44 (0,35)	20,10 (0,46)	22,77 (0,52)

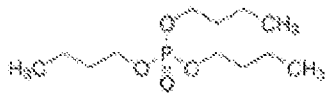
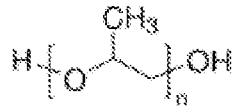
Tabla 4c

Captación de CH₄

También se investigó la absorción de CH₄ de las dispersiones y los resultados se presentan en la Tabla 5 a continuación. Esto se llevó a cabo utilizando el procedimiento isocórico descrito anteriormente (es decir, S. L. James et. al.; *Nature*, **527**, 216).

5

Tabla 5

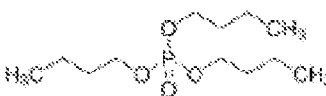
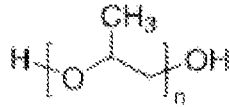
Tabla 4c					
		Fosfato de tributilo - Captación de CH ₄ mg/g (mmol/g)		Polipropilenglicol - Captación de CH ₄ mg/g (mmol/g)	
	% en peso	Exp.	Cal.	Exp.	Exp.
		-		0,457 (0,028)	
Zeolita Rho	12,5	0,181 (0,011)	-	0,466 (0,029)	0,502 (0,031)
	25	-	-	0,506 (0,031)	0,547 (0,034)

Selectividad

La selectividad se estima por relación ($A_{\text{mmol/g}}/B_{\text{mmol/g}}$). Se calcularon los valores de selectividad de CO₂ sobre CH₄ (CO₂/CH₄) para dos de las dispersiones y los resultados se muestran en la Tabla 6 a continuación.

10

Tabla 6

					
		Fosfato de tributilo - Selectividad de CO₂/CH₄ (en una proporción de 1:1)		Selectividad de polipropilenglicol - CO₂/CH₄ (en una relación de 1:1)	
	% en peso	Exp.	Cal.	Exp.	Exp.
		-		c.a. 7,5	
Zeolita	12,5	c.a.36.4	-	c.a. 17,6	c.a. 16,5
Rho	25	-	-	c.a. 24,1	c.a. 22,4

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para adsorber un gas en un líquido, que comprende al menos la etapa de poner el gas en contacto con una dispersión que comprende partículas porosas dispersadas en una fase líquida, donde las partículas porosas comprenden una zeolita y la fase líquida es un líquido de tamaño excluido, en la cual el término líquido de tamaño excluido se define como un líquido que se excluye de los poros de las partículas porosas, ya sea porque tiene un tamaño molecular que es demasiado grande para entrar en los poros de las partículas porosas, o su entrada en los poros de las partículas porosas es termodinámica o cinéticamente desfavorable.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, donde la zeolita se selecciona entre zeolita Rho, zeolita Na-Rho, ECR-18, ZSM-25 y PST-20.
3. Un procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde la zeolita es zeolita Rho.
4. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el líquido de tamaño excluido se selecciona de un glicol, 15-corona-5, trietilamina, metacrilato de 2-(terc-butilamino)etilo, fosfato de tributilo, ftalato de dioctilo y sebacato de bis(2-etilhexilo).
5. Un procedimiento según la reivindicación 4, donde el glicol es un polialquilenglicol.
6. Un procedimiento según la reivindicación 5, donde el polialquilenglicol es un polietilenglicol o un polipropilenglicol.
7. Un procedimiento según la reivindicación 6, donde el polietilenglicol se selecciona entre un éter dialquílico de polietilenglicol y un carboxilato de polietilenglicol.
8. Un procedimiento según la reivindicación 7, donde el polietilenglicol dialquil éter se selecciona entre un polietilenglicol dimetil éter y un polietilenglicol dibutil éter.
9. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la dispersión comprende 0,1-50 % en peso de las partículas porosas.
10. Un procedimiento según la reivindicación 9, donde la dispersión comprende 10-30 % en peso de las partículas porosas.
11. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el gas se selecciona de CO₂ y CH₄.

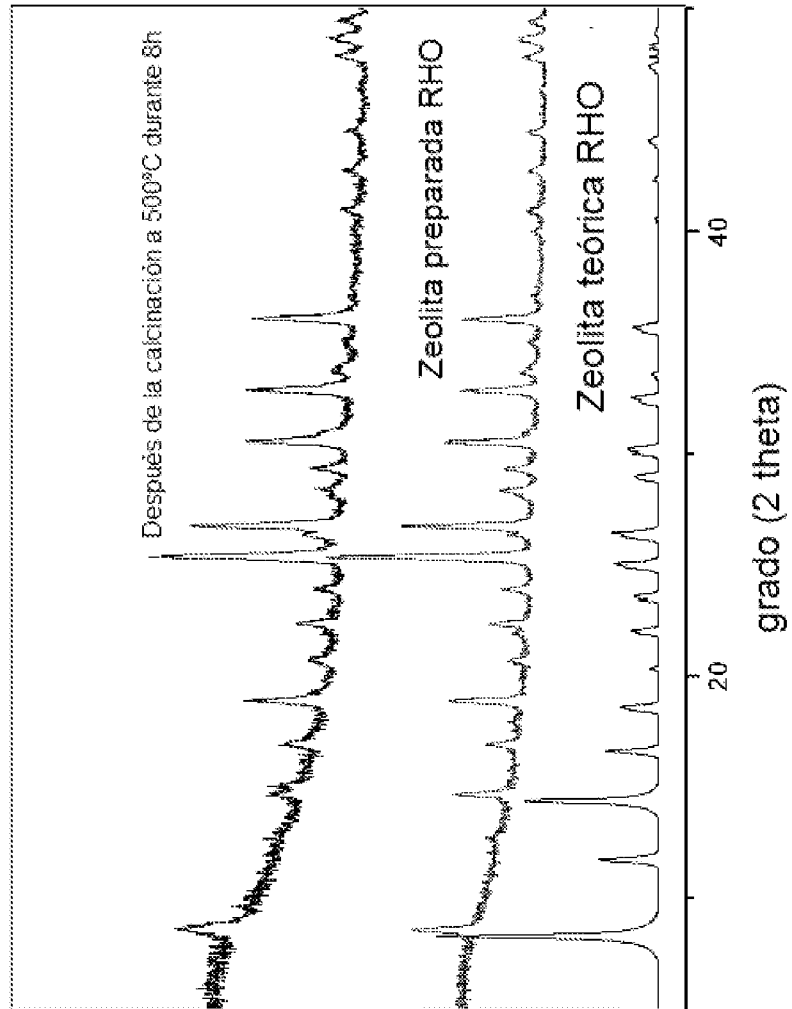


Figura 1A

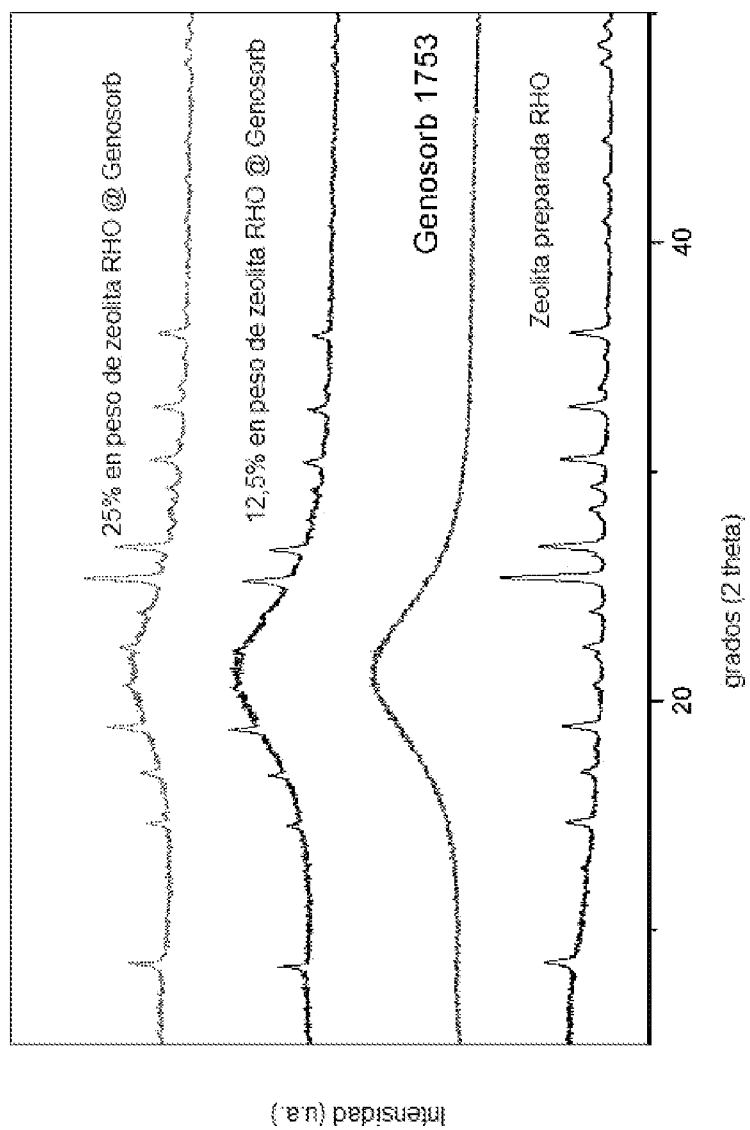


Figura 1B

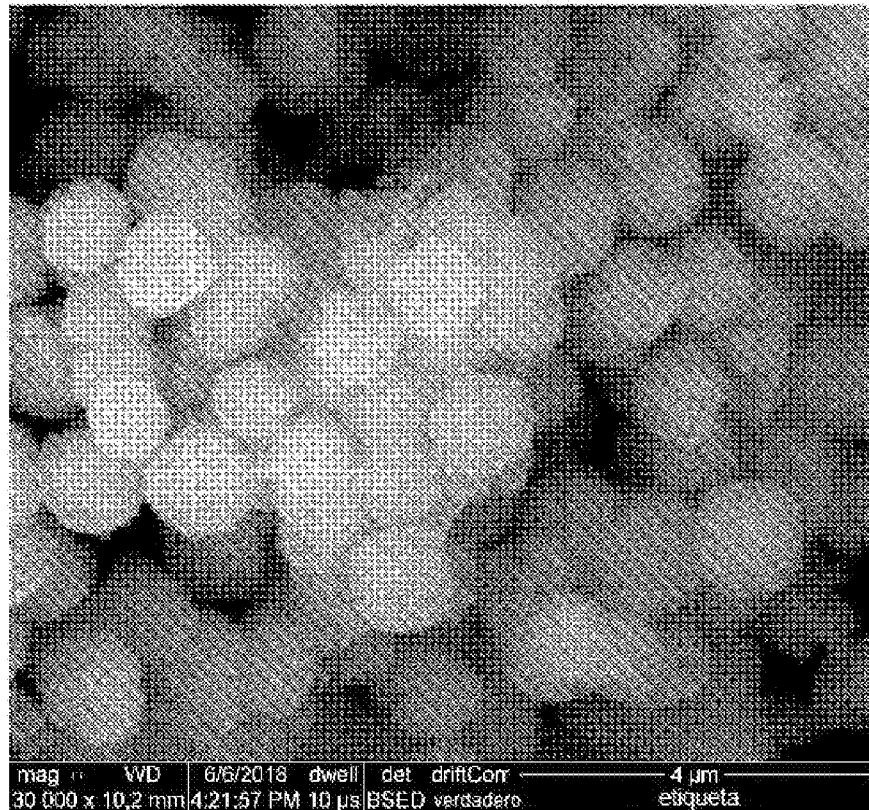


Figura 2

Genosorb

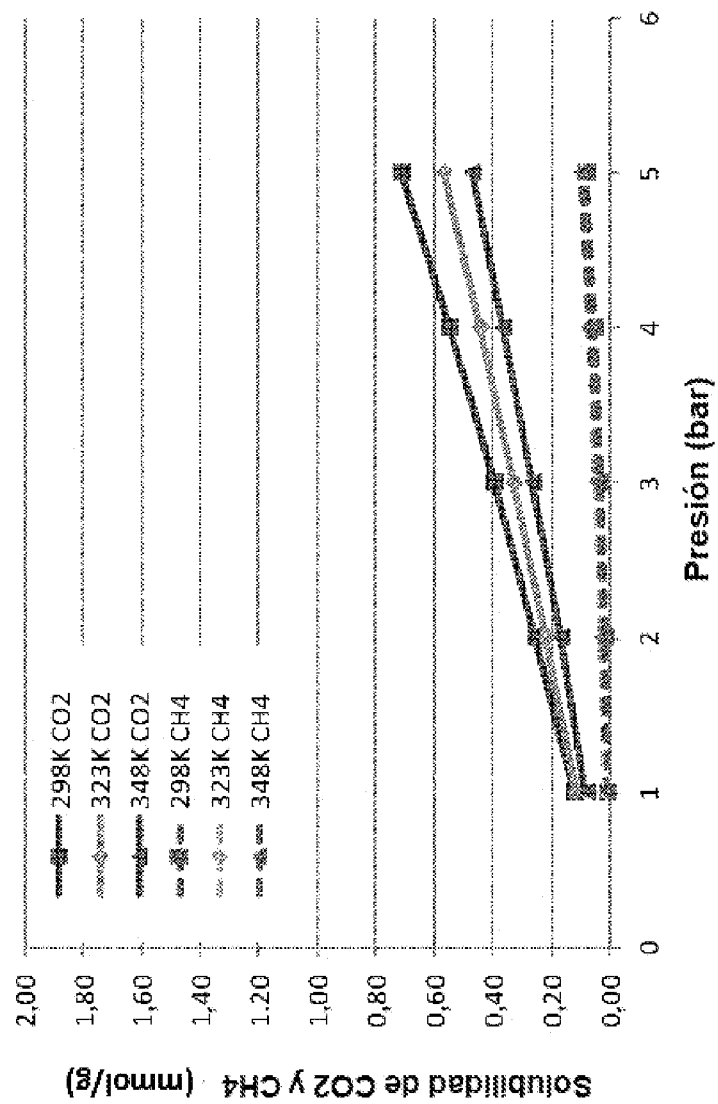


Figura 3

12,5% en peso de zeolita RHO en Genosorb

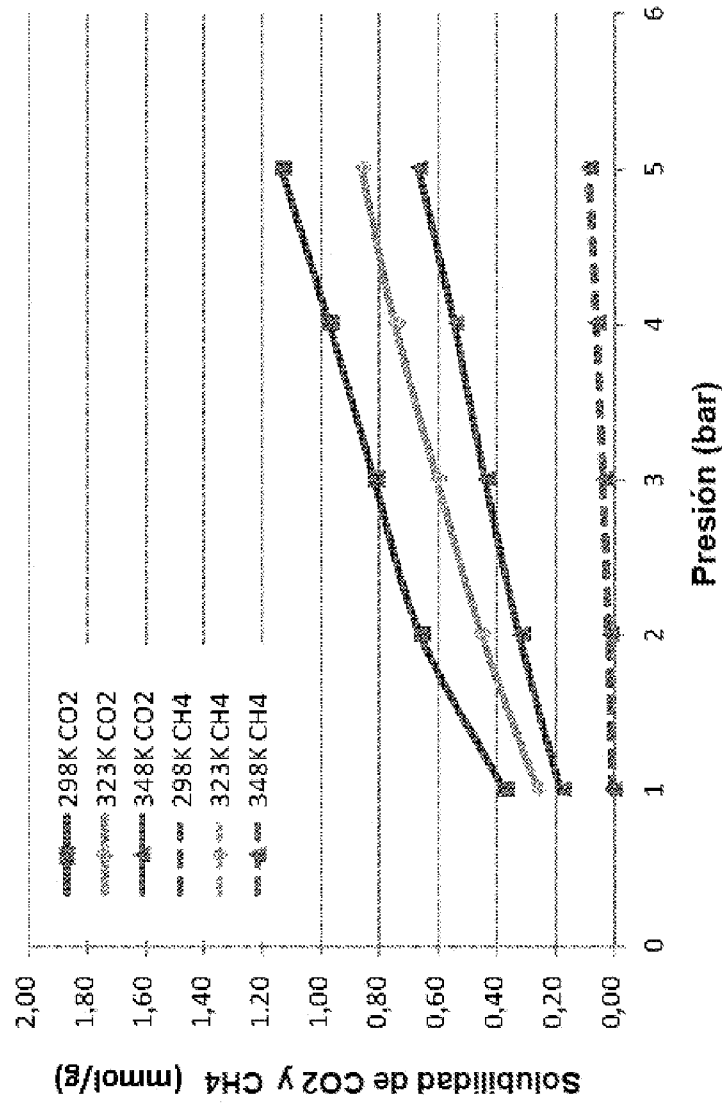


Figura 4

25% en peso de zeolita RHO en Genosorb

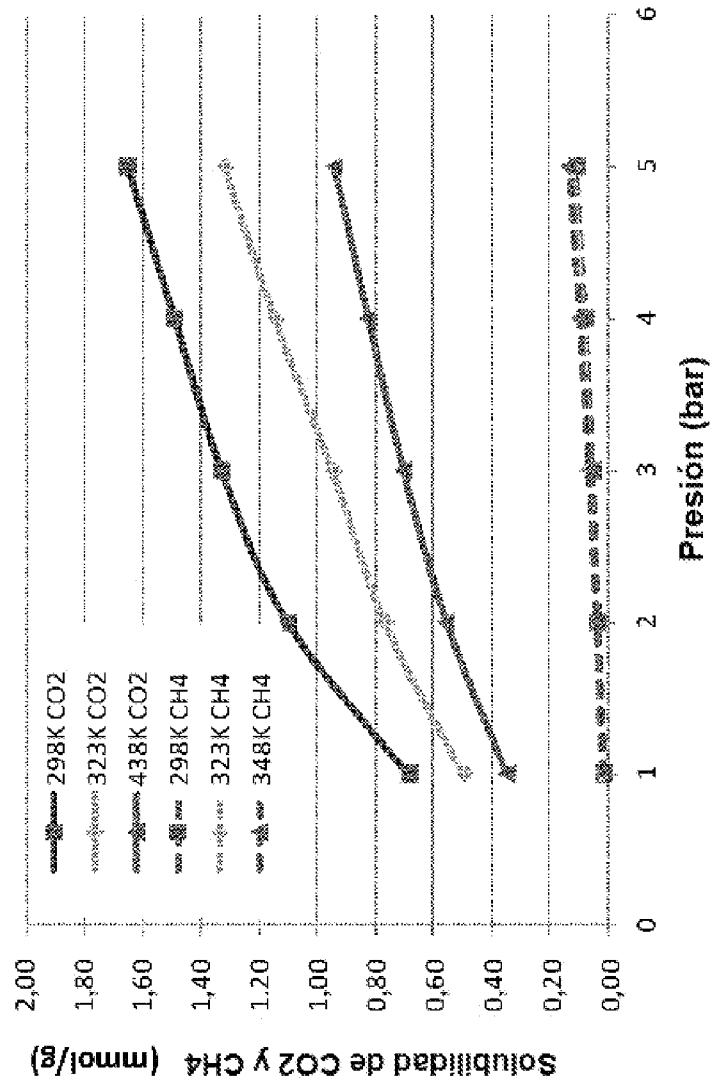


Figura 5

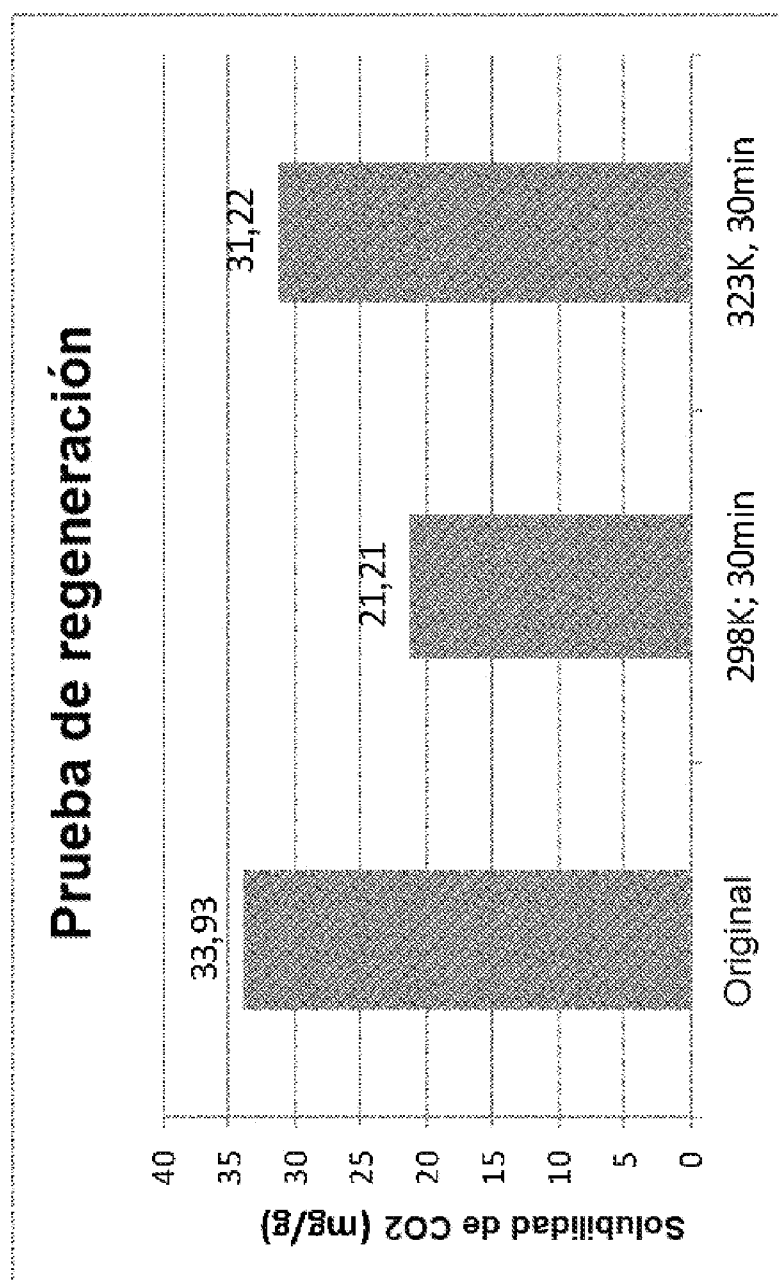


Figura 6

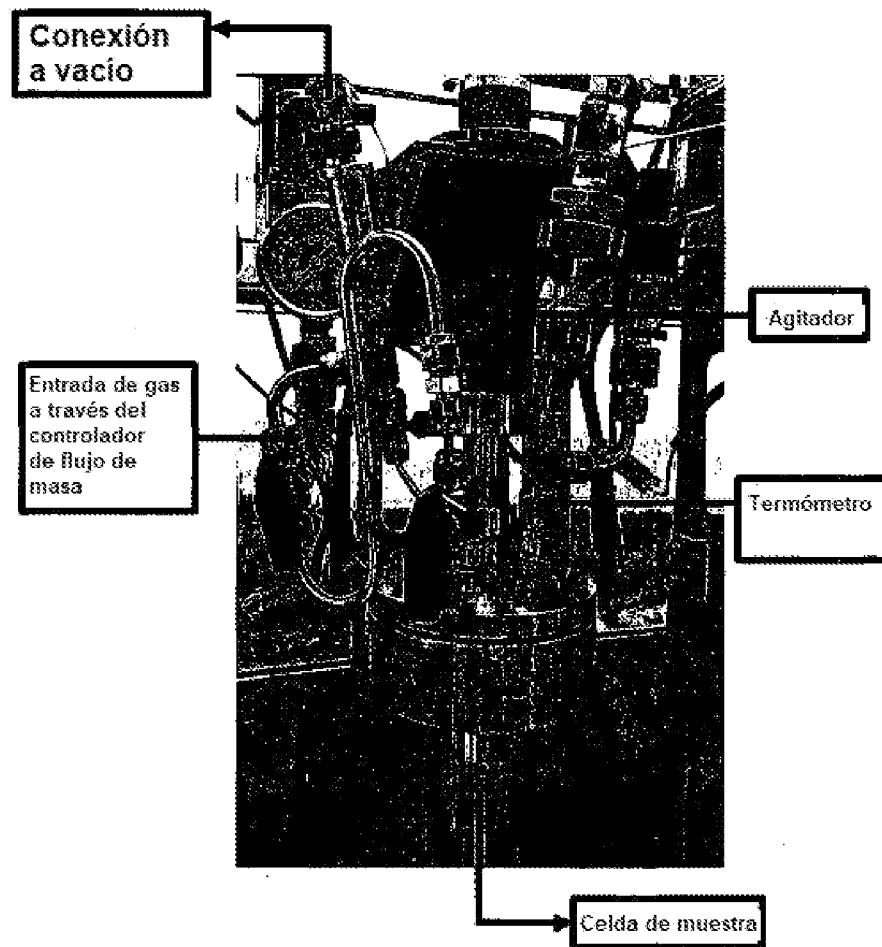


Figura 7