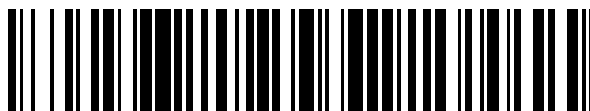


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 978**

51 Int. Cl.:

C12M 1/00 (2006.01)

C10L 3/08 (2006.01)

C10L 3/10 (2006.01)

B01D 53/04 (2006.01)

B01D 53/047 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2015 E 15174149 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2963107**

54 Título: **Procedimiento para refinar una corriente de biogás biometano e instalación adecuada para su implementación**

30 Prioridad:

30.06.2014 IT MI20141190

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

13.03.2018

73 Titular/es:

**RICERCA SUL SISTEMA ENERGETICO - RSE
S.P.A. (100.0%)
Via R. Rubattino,54
20134 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**NOTARO, MAURIZIO;
MAZZOCCHI, LUIGI;
CASTELLAZZI, PAOLA y
CAVALLARI, ANDREA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 658 978 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para refinar una corriente de biogás biometano e instalación adecuada para su implementación

La presente invención se refiere a un procedimiento para la purificación de una corriente de biogás para la obtención de biometano e instalación adecuada para su implementación.

5 Como es sabido, el biogás es una mezcla de gases producidos por la digestión bacteriana, en condiciones anaeróbicas, de residuos orgánicos, tales como residuos vegetales y animales. El biogás se compone principalmente de metano, CO₂ y, en menor medida, de otros compuestos, como H₂S, NH₃, vapor de agua y partículas.

10 Se producen grandes cantidades de biogás, por ejemplo, en vertederos de residuos urbanos sólidos, en plantas de tratamiento de aguas residuales (por digestión de lodos residuales) o en plantas de producción de biogás específicas mediante digestores anaeróbicos de residuos orgánicos.

El biogás se explota típicamente en los sitios de producción como combustible para alimentar motores de combustión interna que pueden producir calor y energía eléctrica (motores de cogeneración).

15 Sin embargo, un uso más eficaz del biogás está representado por su purificación para la obtención de metano. El biogás se purifica, mediante el procedimiento de purificación, de la mayoría de los compuestos contaminantes que pueden ser nocivos para el medio ambiente o la propia planta de tratamiento (por ejemplo, H₂S que puede causar problemas de erosión) y su poder calorífico aumenta debido a la eliminación de CO₂ (el contenido de CH₄ en el biometano es generalmente superior a aproximadamente 97% v/v). Por lo tanto, el procedimiento de purificación permite obtener un combustible más valioso, con características adecuadas para su uso como combustible para
20 automóviles y, más generalmente, como biocombustible.

Sin embargo, la explotación comercial del biometano está estrictamente relacionada con la posibilidad de obtener biometano de manera rentable con características que permitan su introducción en las redes de transporte y distribución de gas natural. A través de estas redes, de hecho, el biometano puede transportarse también a distancias considerables con respecto al lugar de producción, para ser utilizado posteriormente en grandes plantas de combustión de alta eficacia (por ejemplo, plantas de cogeneración o regeneración), con ventajas significativas desde el punto de vista medioambiental.
25

Se conocen y usan diversos procedimientos de purificación de biogás para la obtención de biometano en el estado de la técnica. Sin embargo, estos procedimientos generalmente se caracterizan por una cierta complejidad de la planta, importantes consumos de energía, y altos costes de inversión y administración de las plantas.

30 Las principales tecnologías de purificación de biogás aplicadas a escala industrial son: adsorción en sorbentes sólidos (por ejemplo, carbones activados), absorción física en agua (denominada depuración con agua) o disolventes orgánicos y absorción química en disoluciones reactivas.

El procedimiento de purificación más utilizado a escala industrial es actualmente el lavado con agua. En este procedimiento, una corriente de biogás se alimenta a la parte inferior de una columna de agua. Como la solubilidad del CO₂ en el agua es mayor que la solubilidad del metano, el CO₂ se separa del biogás, mientras que la corriente purificada de biometano abandona la cabeza de la columna. Además de producir biometano de alta pureza, este procedimiento tiene la ventaja de eliminar también el H₂S y partículas posiblemente presentes en el biogás. El lavado con agua, sin embargo, requiere altas presiones de operación y está fuertemente comprometido por los altos consumos de energía para la regeneración de los medios sorbentes. Además, debido a la absorción de H₂S, el lavado con agua crea importantes problemas de corrosión que dañan la planta de purificación.
40

Las técnicas de purificación basadas en la absorción física de CO₂ en disolventes orgánicos (por ejemplo, polietilenglicol) o del tipo químico en disoluciones reactivas (por ejemplo, disoluciones acuosas de compuestos de amina) explotan la mayor solubilidad del CO₂ en estos disolventes y disoluciones con respecto al agua. El uso de estas técnicas ofrece la posibilidad de producir plantas de purificación con dimensiones reducidas. Sin embargo, en el caso de la absorción física en disolventes orgánicos, aunque más compactas, las plantas deben funcionar en cualquier caso a alta presión para garantizar eficacias de separación satisfactorias del CO₂. En el caso de la absorción química en disoluciones de amina, la alta reactividad y selectividad de la amina con respecto al CO₂, permite que el procedimiento también se lleve a cabo a baja presión, frente a, sin embargo, los altos requerimientos térmicos necesarios para regenerar la disolución. Otros inconvenientes de estas plantas son el alto consumo de energía para regenerar el sorbente líquido, la necesidad de reintegrar o sustituir dicho sorbente y la necesidad de eliminar previamente el agua presente en el biogás para reducir la contaminación del sorbente y evitar la dilución de la disolución.
45
50

Los procedimientos de adsorción de CO₂ en sorbentes sólidos usan típicamente carbones activados o tamices moleculares (por ejemplo, zeolitas) como materiales sorbentes. Los sorbentes sólidos pueden adsorber selectivamente CO₂ y posiblemente otras moléculas gaseosas de pequeño tamaño (por ejemplo, O₂ y N₂), permitiendo que se produzca un biometano de alta pureza. El procedimiento de adsorción es favorable a altas
55

presiones (por ejemplo, 7 bar) mientras que el procedimiento de desorción, necesario para regenerar el sorbente, se lleva a cabo a presión atmosférica o bajo un ligero vacío (adsorción efectuada en el denominado modo de adsorción con oscilación de presión (PSA). Aunque el procedimiento de PSA ha reducido los consumos de energía, tiene, en cualquier caso, un rendimiento de producción global inferior al de los procedimientos que utilizan medios de sorbente líquidos y supone grandes costes de inversión y gestión de las plantas.

El documento EP 1634946 A1 se refiere a un procedimiento para purificar una corriente de biogás caracterizado por que las emisiones que contienen metano que se generan durante el procedimiento de purificación se usan para producir exclusivamente energía térmica que se usa en el procedimiento de producción de biogás. La recuperación de las emisiones producidas durante la purificación del biogás evitaría la dispersión de metano (un gas de efecto invernadero) en la atmósfera.

El documento EP2638951 describe un procedimiento para eliminar CO₂ de una mezcla que lo contiene, por ejemplo, un biogás, que comprende: una primera fase de eliminación de CO₂ de dicha mezcla mediante adsorción física en un medio líquido para producir una mezcla gaseosa prepurificada; una segunda fase de eliminación de CO₂ de dicha mezcla prepurificada mediante adsorción sobre un sustrato sólido, por ejemplo, a través de un procedimiento de PSA, para separar la parte restante de CO₂ de la mezcla prepurificada.

A la luz del estado de la técnica anterior, el solicitante se ha fijado el objetivo de encontrar un nuevo procedimiento de purificación de biogás para obtener biometano que no tenga los inconvenientes de los procedimientos de la técnica conocida.

Un objetivo de la presente invención, en particular, es proporcionar un procedimiento de purificación de biogás para obtener biometano y una instalación adecuada para su implementación, que es sencillo de efectuar, tiene una alta eficacia de eliminación del CO₂, bajos consumos de energía e implica menores costes de inversión y administración de las plantas.

A la luz de estos objetivos y otros que se harán más evidentes a continuación, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para purificar una corriente de biogás, que comprende al menos metano y CO₂, para transformarlo en biometano, comprendiendo dicho procedimiento al menos las siguientes etapas:

a) suministrar una parte de dicha corriente de biogás a un sistema de cogeneración y producir un fluido de calentamiento y energía eléctrica;

b) suministrar dicha energía eléctrica al menos a medios de enfriamiento y producir un fluido de enfriamiento;

c) suministrar la parte restante de dicha corriente de biogás a un sistema de tratamiento que comprende al menos una primera y una segunda unidades de tratamiento que comprenden cada una al menos un sorbente sólido;

en dicho sistema de tratamiento que se produce, durante al menos un cierto período de funcionamiento en condiciones de régimen, que:

- el CO₂ presente en dicha parte restante de dicha corriente de biogás se adsorbe en el sorbente sólido de dicha primera unidad de tratamiento con la formación de una corriente de biometano;

- el sorbente sólido de dicha segunda unidad de tratamiento se somete a regeneración con la formación de una corriente de CO₂ desorbido y un sorbente sólido regenerado;

usándose dicho fluido de calentamiento y dicho fluido de enfriamiento para regular la temperatura de dichos sorbentes sólidos.

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere a una instalación para purificar una corriente de biogás, que comprende al menos metano y CO₂, para obtener biometano, comprendiendo dicha instalación:

- al menos un sistema de cogeneración para producir un fluido de calentamiento y energía eléctrica, alimentando dicho sistema de cogeneración con al menos una parte de dicha corriente de biogás;

- medios de enfriamiento para producir un fluido de enfriamiento alimentado eléctricamente por dicho sistema de cogeneración;

- al menos un sistema de tratamiento que comprende al menos una primera y una segunda unidades de tratamiento conectadas en paralelo entre sí, cada una de las cuales comprende al menos un sorbente sólido; dichas primera y segunda unidades de tratamiento están conectadas a dicho sistema de cogeneración para recibir dicho fluido de calentamiento y a dicho medio de enfriamiento para recibir dicho fluido de enfriamiento;

- medios para alimentar biogás para suministrar la parte restante de dicha corriente de biogás a al menos dicha primera y segunda unidades de tratamiento;

- medios para alimentar un fluido térmico para suministrar dicho fluido de calentamiento y/o dicho fluido de enfriamiento a al menos dichas unidades de tratamiento a fin de regular la temperatura de los sorbentes sólidos respectivos.

5

El procedimiento de purificación de biogás para la obtención de biometano de acuerdo con la presente invención se basa en el uso de sorbentes sólidos para capturar el CO₂ presente en la corriente de biogás, obteniendo así una corriente de biometano. De acuerdo con la presente invención, una pequeña fracción de la corriente de biogás de partida se usa para producir energía, en forma de calor y electricidad; dicha energía se usa ventajosamente para satisfacer el consumo de energía de al menos alguno, más preferiblemente todos, los equipos utilizados para implementar el procedimiento propiamente dicho. La elección de efectuar el tratamiento de purificación mediante adsorción en sorbentes sólidos - que se pueden regenerar con un menor consumo de energía - y producir la energía necesaria para efectuar dicho tratamiento con parte de la corriente de biogás de partida, permite obtener biometano, que tenga características adecuadas para ingresar en la red general de distribución de metano de una manera sencilla, eficaz y económicamente ventajosa, en lo que respecta tanto a los costes de gestión del procedimiento como a los de inversión de la planta.

10

15

Por lo tanto, el procedimiento e instalación de acuerdo con la presente invención aumentan significativamente el potencial de explotación del biometano en plantas de combustión de alta eficacia, tales como, por ejemplo, plantas de cogeneración (producción de energía térmica y electricidad) y plantas de trigeneración (producción de energía térmica, energía de enfriamiento y electricidad), lo que hace más ventajosa la producción de metano a partir de fuentes renovables.

20

El procedimiento de acuerdo con la presente invención se efectúa usando una instalación que comprende al menos dos unidades de tratamiento, cada una de las cuales comprende al menos un sorbente sólido con la capacidad de capturar el CO₂ presente en el biogás, produciendo así biometano. El procedimiento se lleva a cabo, variando periódicamente la temperatura del sorbente y la presión dentro de cada unidad de tratamiento a fin de obtener una "adsorción con oscilación de temperatura y presión, TPSA" del CO₂. La adsorción de CO₂ en el sorbente se lleva a cabo a valores de baja temperatura y a presión atmosférica del biogás, mientras que la desorción de CO₂ del sorbente, con la consiguiente regeneración del propio sorbente, se efectúa a altos valores de temperatura y a baja presión (por ejemplo, bajo vacío). Opcionalmente, también se puede usar un flujo de vapor o gas inerte como corriente de arrastre para favorecer el procedimiento de regeneración del sorbente.

25

30

Las fases de adsorción de CO₂ y la regeneración del sorbente se llevan a cabo en secuencia en cada unidad de tratamiento y se repiten cíclicamente. En un momento operativo dado, en condiciones de régimen, de la instalación de purificación, los ciclos de adsorción-regeneración se llevan a cabo de manera que, cuando la adsorción se efectúa en una primera unidad de tratamiento, la regeneración se efectúa en una segunda unidad de tratamiento adicional, garantizando así la implementación del procedimiento de purificación en continuo.

35

Las características y ventajas de la presente invención se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción ilustrativa y no limitativa, haciendo referencia a los dibujos esquemáticos anexos, en los que:

- la figura 1 es un esquema de una posible realización del procedimiento e instalación de acuerdo con la presente invención;

40

- la figura 2 es una representación esquemática de una sección transversal de una realización preferida de una unidad de tratamiento.

Con referencia a la figura 1, el número 1 indica en su conjunto una instalación para purificar una corriente de biogás de acuerdo con la presente invención.

45

La instalación 1 comprende al menos un sistema de cogeneración M para producir calor y energía eléctrica. El calor producido se usa para calentar un fluido térmico (por ejemplo, agua o aceite), para formar un fluido de calentamiento 3 que sale del sistema anterior M. El sistema M puede alimentarse, a través de medios de suministro (no mostrados en la figura 1), con una parte 4 de la corriente de biogás de partida 2. El sistema M es un sistema de cogeneración convencional que comprende, por ejemplo, al menos un motor de combustión interna que puede usar biogás como combustible, al menos un generador eléctrico que, cuando es movido por dicho motor, es capaz de producir electricidad, y una o más unidades de recuperación de calor (por ejemplo, intercambiadores de calor) a través de las cuales se produce un fluido de calentamiento.

50

La instalación 1 también comprende medios de enfriamiento R para enfriar un fluido térmico (por ejemplo, agua o aceite) para producir un fluido de enfriamiento 5 que sale de dichos medios de enfriamiento R. Los medios de enfriamiento R están conectados a dicho sistema de cogeneración M mediante el cual están eléctricamente alimentados por la energía eléctrica (conexión 18) producida por el mismo. Para los fines de la presente invención, se puede usar un calentador de aire como medio de enfriamiento, en el que el fluido de enfriamiento se enfría por intercambio de calor indirecto con aire.

55

La instalación 1 también comprende un sistema de tratamiento de biogás S que comprende al menos una primera y una segunda unidades de tratamiento, indicadas en la figura 1 como U1 y U2, respectivamente, conectadas entre sí en paralelo.

5 En la realización preferida de la invención mostrada en la figura 1, la instalación 1 también comprende una tercera unidad de tratamiento U3, que tiene preferiblemente las mismas características estructurales que las unidades anteriores U1 y U2, y está conectada en paralelo con respecto a las mismas.

10 Cada una de dichas unidades U1-U3 comprende: (i) al menos un sorbente sólido y (ii) medios de regulación de temperatura T1, T2 y T3 de dicho material sorbente. Las unidades de tratamiento anteriores U1-U3 están conectadas a dicho sistema de cogeneración M para poder recibir dicho fluido de calentamiento 3 por medio de las corrientes 3'-3''', y a dichos medios de enfriamiento R para recibir dicho fluido de enfriamiento 5 a través de las corrientes 5'-5'''. El fluido de calentamiento 3'-3''' y el fluido de enfriamiento 5'-5''' pueden intercambiar calor indirectamente con el sorbente presente dentro de las unidades de tratamiento U1-U3, para calentar o enfriar dicho sorbente de acuerdo con las diversas etapas del procedimiento de la presente invención.

15 La parte restante 6 de la corriente de biogás 2, es decir, la fracción de biogás que no se alimenta como combustible al sistema de cogeneración M, se somete al procedimiento de purificación alimentándolo al sistema de tratamiento S. Con este fin, el sistema de tratamiento S es conectado a medios de alimentación del biogás (no mostrados en la figura) que tienen la capacidad de suministrar la parte restante 6 de dicha corriente de partida de biogás 2 a cada unidad de tratamiento, como las corrientes 6', 6'' y 6'''.

20 En las unidades de tratamiento U1-U3, las corrientes de biogás 6'-6''' entran en contacto con el sorbente sólido de modo que el CO₂ presente en el biogás permanece adsorbido en la superficie del sorbente, mientras que la corriente gaseosa restante, predominantemente compuesta por metano (corriente de biometano), sale de las unidades de tratamiento como corriente 16'-16'''.

La adsorción del CO₂ se efectúa preferiblemente sobre un sorbente sólido en forma granular. Los gránulos de sorbente están dispuestos más preferiblemente en la unidad de tratamiento en forma de un lecho fijo.

25 Durante las diversas fases del procedimiento, la temperatura del sorbente se puede variar mediante los medios de regulación de temperatura anteriores T1-T3. La temperatura del sorbente se regula preferiblemente por medio de intercambio de calor indirecto entre el sorbente y el líquido de calentamiento 3'-3''' o entre el sorbente y el líquido de enfriamiento 5'-5'''. Una vez que el líquido de calentamiento 3'-3''' ha transferido calor al sorbente (por ejemplo, durante la fase de desorción del CO₂), sale de las unidades de tratamiento como la corriente 13'-13'''. Dicho fluido de enfriamiento 13'-13''', que tiene una temperatura inferior con respecto a la del fluido de calentamiento 3'-3''' en la entrada, se recircula al sistema de cogeneración M (corriente 113), donde se recalienta y luego se reintroduce en la instalación como fluido de calentamiento 3.

30 Análogamente, cuando el sorbente debe enfriarse (por ejemplo, la fase de adsorción de CO₂ y la fase de enfriamiento del sorbente regenerado), se pone en contacto (indirecto) con el fluido de enfriamiento 5'-5''' para eliminar el calor. El fluido de enfriamiento 5'-5''' sale de las unidades de tratamiento como corriente 15'-15''' a una temperatura más alta que la del fluido de enfriamiento 5'-5''' en la entrada. Por lo tanto, éste se alimenta a los medios de enfriamiento R (flujo 115) para ser enfriado de nuevo por estos y luego se recircula en la instalación como fluido de enfriamiento 5.

40 La instalación 1 también puede estar provista ventajosamente de un dispositivo DS para generar una corriente de arrastre gaseosa 7. El dispositivo DS anterior se conecta a las unidades de tratamiento U1-U3 para poder suministrar dicha corriente de arrastre (corrientes 7', 7'' y 7''') sobre el sorbente. Dicho dispositivo DS está ventajosamente conectado a dicho sistema de cogeneración M mediante el cual se alimenta eléctricamente (conexión 19).

45 La corriente de arrastre 7'-7''' se usa para ayudar a la regeneración del sorbente, por ejemplo, cuando haya alcanzado la capacidad máxima de adsorción de CO₂ y, por lo tanto, se somete a regeneración. El uso de una corriente de arrastre combinada con un aumento de temperatura del sorbente favorece la desorción del CO₂ y su eliminación del sorbente en forma de una corriente gaseosa 17'-17'''. Puesto que el sorbente así regenerado está sustancialmente exento de CO₂, puede usarse para un nuevo ciclo de adsorción.

50 La corriente de arrastre 7'-7''' puede ser, por ejemplo, una corriente de vapor o gas inerte (por ejemplo, nitrógeno). El dispositivo para generar la corriente de arrastre es, por ejemplo, un generador de nitrógeno que parte de aire comprimido. Los ejemplos de estos generadores, conocidos en el estado de la técnica, son generadores de nitrógeno que funcionan mediante adsorción con oscilación de presión (PSA).

55 La corriente gaseosa de CO₂ formada en la unidad de tratamiento U1-U3 durante la desorción, se mezcla con la corriente de arrastre gaseosa 7'-7''', cuando está presente, dejando la unidad de tratamiento U1-U3 como corriente 17'-17'''.

La instalación 1 también puede contemplar la presencia de una bomba de vacío P conectada a dichas unidades de tratamiento U1-U3 para poner el interior de la misma unidad en menor presión, por ejemplo, durante la etapa de desorción del CO₂. La presión reducida, de hecho, favorece la desorción de CO₂ y, por lo tanto, la regeneración del sorbente sólido. Dicha bomba de vacío P está ventajosamente conectada a dicho sistema de cogeneración M mediante el cual se alimenta eléctricamente (conexión 20).

En una realización preferida de la presente invención, las unidades de tratamiento pueden comprender una estructura de haz tubular como se ilustra esquemáticamente en la figura 2.

De acuerdo con la figura 2, una unidad de tratamiento 21 comprende al menos:

- un tubo principal 22 a través de cuya cavidad 23 fluye un fluido térmico (por ejemplo, un fluido de calentamiento o fluido de enfriamiento),
- una pluralidad de tubos auxiliares 24, opcionalmente paralelos entre sí y al tubo principal 22, en contacto con dicho tubo principal 22, conteniendo cada tubo auxiliar 24 al menos un sorbente sólido 25.

La estructura anterior de la unidad de tratamiento maximiza la superficie de intercambio de calor con respecto a la masa de sorbente que se puede colocar en sus cavidades.

El tubo principal 22 anterior tiene preferiblemente una sección transversal circular. Los tubos auxiliares 24 anteriores tienen preferiblemente una sección transversal rectangular, más preferiblemente cuadrada.

La unidad de tratamiento 21 anterior actúa sustancialmente como un intercambiador de calor de haz tubular indirecto, en donde el fluido de calentamiento o enfriamiento que fluye por el tubo principal 22 intercambia calor a través de las paredes de dicho tubo principal 22 estando presente el sorbente sólido 25 en los tubos auxiliares 24. La corriente de biogás a tratar, por otro lado, fluye por los tubos auxiliares 24 en contacto directo con el sorbente sólido 25, como también la corriente de CO₂ desorbido y la posible corriente de arrastre utilizada en la fase de desorción.

Para los fines de la presente invención, se pueden usar diversos tipos de sorbentes sólidos, conocidos en el estado de la técnica.

El sorbente sólido se puede seleccionar, por ejemplo, a partir de los siguientes tipos de sorbente: i) tamices moleculares de carbono, (ii) carbón activado, (iii) uno o más compuestos de amina, preferiblemente alcanolaminas, soportados sobre un sustrato sólido, iv) una o más sales de carbonato.

En una realización particularmente preferida, el sorbente sólido comprende al menos una alcanolamina que tiene la fórmula (I) OH-R₁-N-R₂R₃, en donde:

R₁ es un grupo -(CH₂)_n en donde n es un número entero en el intervalo de 2 a 4,

R₂ y R₃, iguales o diferentes entre sí, se seleccionan de: un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo C₁-C₄ o un grupo -(CH₂)_nOH en donde n es un número entero de 2 a 4;

dicha alcanolamina está soportada sobre un sustrato sólido, tal como alúmina, sílice, aluminosilicatos o una combinación de los mismos.

Los ejemplos preferidos de alcanolaminas que se pueden usar para los fines de la presente invención son: monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), metildietanolamina (MDEA), diisopropanolamina (DIPA) y diglicolamina (DGA), más preferiblemente dietanolamina.

Las alcanolaminas se seleccionan preferiblemente de mono y dialcanolaminas.

Otros compuestos de amina que se pueden usar para los fines de la presente invención son aminoácidos.

Los ejemplos de sales de carbonato que se pueden usar como sorbentes son sales de metales alcalinos y alcalinotérreos.

El sustrato sólido tiene preferiblemente una alta superficie específica (por ejemplo, superficie BET > 100 m²/g, preferiblemente > 200 m²/g) y una alta porosidad (por ejemplo, porosidad BJH > 0,5 ml/g).

El vehículo es preferiblemente alúmina, por ejemplo, en forma de gránulos o pelets.

La cantidad de alcanolamina presente en el sustrato sólido puede variar, por ejemplo, de 5% a 60% en peso con respecto al peso total de la composición de sorbente (sustrato + alcanolamina).

Las alcanolaminas soportadas sobre alúmina u otro sustrato inerte se pueden preparar de acuerdo con métodos conocidos en la técnica. Las alcanolaminas se pueden depositar, por ejemplo, sobre un sustrato sólido, dispersando dicho sustrato en una disolución acuosa (o en un disolvente orgánico o una mezcla de las dos) de alcanolaminas y posteriormente calentando el sustrato impregnado con disolución para evaporar el disolvente.

De acuerdo con la presente invención y con referencia a la figura 1, el procedimiento de purificación de biogás, en un período operativo de régimen, se puede llevar a cabo de la siguiente manera.

- 5 La corriente de partida de biogás 2 se divide en una primera fracción 4 que se utilizará como combustible para el sistema de cogeneración M y una fracción restante 6 que se someterá a purificación para obtener biometano. La relación de volumen entre la fracción de biogás 2 utilizada como combustible y la fracción 6 sometida a tratamiento puede variar, en particular, con respecto a la capacidad de adsorción y la capacidad térmica del sorbente. La relación anterior varía generalmente de 1:3 a 1:20. En el caso de sorbentes basados en alcanolaminas soportadas sobre sustratos sólidos, por ejemplo, la relación anterior varía dentro del intervalo de 1:4 a 1:6, y es preferiblemente de aproximadamente 1:5.
- 10 Antes de enviarla al procedimiento de purificación, la fracción de biogás 6 se puede someter ventajosamente a una o más etapas de pretratamiento para eliminar el H₂S, los compuestos de siloxano y la posible humedad.
- 15 La fracción de biogás 6 a tratar se alimenta a una primera unidad de tratamiento U1 como corriente 6'. El CO₂ presente en dicha corriente 6' se adsorbe en el sorbente sólido contenido en dicha primera unidad de tratamiento U1 con la formación de una corriente de biometano 16'. La adsorción se efectúa a una primera temperatura T_{ads}, inferior con respecto a una segunda temperatura T_{des} a la que se lleva a cabo la posterior regeneración del sorbente. La adsorción del CO₂ se lleva a cabo preferiblemente a una temperatura de T_{ads} del sorbente dentro del intervalo de 20-60°C. Durante la adsorción, además del CO₂, el sorbente también puede capturar pequeñas cantidades de otros gases (por ejemplo, N₂ y O₂). La cantidad de otros gases adsorbidos depende principalmente del tipo de sorbente utilizado, y también de las condiciones de temperatura y presión adoptadas.
- 20 La fase de adsorción se lleva a cabo preferiblemente alimentando la corriente de biogás sobre el sorbente a presión atmosférica.
- Como el procedimiento de adsorción es exotérmico, el fluido refrigerante 5 se alimenta preferiblemente, durante la fase de adsorción, a la unidad de tratamiento U1 con el fin de eliminar el calor producido por la reacción de adsorción entre el CO₂ y el sorbente y mantener éste último a la temperatura de adsorción T_{ads}.
- 25 La corriente 5' anterior sale de la unidad U1 como la corriente 15' a una temperatura más alta con respecto a la temperatura de entrada. Dicha corriente de salida 15' se recircula a los medios de enfriamiento, donde se enfría y luego se reutiliza como fluido de enfriamiento 5.
- Preferiblemente, la corriente de biogás 6' fluye de manera continua dentro de la unidad de tratamiento U1 en contacto con el sorbente durante el tiempo en que éste último todavía pueda capturar de manera eficaz el CO₂ presente en el biogás y el biometano que sale de la columna tenga un adecuado grado de pureza. La fase de adsorción puede detenerse, por ejemplo, cuando la corriente de biometano 16' que sale de la unidad U1 contiene una cantidad de CO₂ inferior o igual al 2% v/v y, por lo tanto, aproximadamente igual a la presente en el gas natural.
- 30 Cuando la fase de adsorción se considera completa, la alimentación de la corriente de biogás 6 a la primera unidad U1 anterior se interrumpe y desvía a una segunda unidad de tratamiento U2 (flujo 6'') para continuar el tratamiento de purificación. En la segunda unidad U2, que comprende al menos un sorbente sólido nuevo o regenerado, el CO₂ se separa de la corriente de biogás 6'' por adsorción en el sorbente con la formación de una corriente de biometano 16'' que sale de la unidad U2. La fase de adsorción se lleva a cabo preferiblemente en la unidad U2, en las mismas condiciones de temperatura y presión indicadas para el procedimiento de adsorción en la unidad U1.
- 35 Mientras que el CO₂ se separa de la corriente de biogás 6'' en la unidad U2, la unidad U1 se somete a un tratamiento de regeneración del sorbente. Dicho tratamiento contempla la desorción del CO₂ previamente adsorbido y la formación de un sorbente sólido regenerado, que se puede usar para un nuevo ciclo de adsorción.
- 40 La fase de regeneración comprende preferiblemente calentar el sorbente a una temperatura T_{des}, superior a la temperatura T_{ads} a la que se efectuó la adsorción, y la consiguiente formación de una corriente gaseosa 17' que comprende sustancialmente CO₂ y otros gases posibles adsorbidos que pueden desorberse a la temperatura T_{des}.
- 45 Con este fin, se interrumpe la alimentación del fluido de enfriamiento 5' a la primera unidad U1 y se alimenta una corriente de fluido de calentamiento 3' procedente del sistema de cogeneración M, en lugar de dicho fluido de enfriamiento 5'. La corriente de calentamiento 3' transfiere calor al sorbente, llevándolo a la temperatura T_{des} y manteniéndolo a esta temperatura durante la fase de desorción. Dicha corriente de calentamiento 3', que sale de la unidad U2 como corriente 13' que tiene una temperatura inferior con respecto a la temperatura en la entrada, se recircula al sistema de cogeneración M, donde se calienta y luego se reutiliza en el sistema de tratamiento S como fluido de calentamiento 3.
- 50 La desorción del CO₂ se efectúa preferiblemente a una temperatura del sorbente superior a 60°C e inferior o igual a 120°C.
- 55 Con el fin de favorecer la desorción del CO₂ por el sorbente sólido y su eliminación de la unidad U1, la presión dentro de dicha unidad U1 se reduce preferiblemente por debajo de la presión atmosférica. La desorción se lleva a

cabo preferiblemente a una presión inferior a 800 mbar, incluso más preferiblemente que varía de 50 mbar a 800 mbar.

Estas condiciones de presión reducida se pueden crear, por ejemplo, a través de una bomba de vacío P, conectada a las unidades de tratamiento U1-U3.

5 Con el fin de acelerar la regeneración del sorbente y favorecer la desorción del CO₂, también se puede alimentar a la unidad U1 una corriente de arrastre gaseosa 7'. Dicha corriente de arrastre 7', que puede ser, por ejemplo, un gas inerte o vapor, que entra en contacto con el sorbente, favoreciendo la eliminación y expulsión del CO₂ de la unidad U1 como corriente 17'.

10 Se ha observado que puede obtenerse un aumento significativo en el grado de regeneración del sorbente cuando la desorción se lleva a cabo a presión reducida con respecto a la presión atmosférica, usando una corriente de arrastre que tiene un caudal que varía de 5% a 25% en volumen con respecto al caudal medio en NI/h de CO₂ desorbido por el sorbente en un ciclo de desorción (caudal medio = [capacidad de adsorción del sorbente (g de CO₂/kg de sorbente)/duración de la desorción (h) * MW] * cantidad de sorbente utilizada en la unidad (kg de sorbente) * R * 273,16°K/1 atm en donde M.W. es el peso molecular del CO₂ igual a 44 (g/moles) y R la constante de los gases igual a 0,0821 (1*atm/°K*moles).

15 Al final de la desorción, la fase de regeneración comprende una etapa de enfriamiento del sorbente desde la temperatura de desorción T_{des} hasta una temperatura T_{ads} adecuada para volver a efectuar la adsorción de CO₂. El sorbente se enfría preferiblemente a una temperatura dentro del intervalo de 20°C-60°C. Para este propósito, la alimentación del fluido de calentamiento 3' a la primera unidad U1 se interrumpe, a través de medios de alimentación de un fluido térmico (no mostrado en la figura 1), y la corriente de fluido de enfriamiento 5' procedente del medio de enfriamiento R, se alimenta en lugar del fluido de calentamiento 3'. La corriente de enfriamiento 5' enfría el sorbente hasta la de temperatura de adsorción T_{ads}, y luego sale de la unidad U1 como la corriente 15' a una temperatura más alta con respecto a la temperatura en la entrada. La corriente de fluido de enfriamiento 15' que sale de la unidad U1 se recircula al medio de enfriamiento R, donde se enfría y luego se reutiliza en el sistema de tratamiento S como fluido de enfriamiento 5. Una vez que el sorbente se haya enfriado a la temperatura de adsorción T_{ads}, la unidad U1 vuelve a estar disponible para tratar la corriente de biogás 3 que se purificará para formar biometano.

20 El procedimiento de acuerdo con la presente invención permite obtener biometano de alta pureza (contenido de metano superior al 97% v/v), el cual se puede por lo tanto introducir en una red de distribución de gas natural, después de la compresión (típicamente, a 7 bar).

25 El procedimiento también se caracteriza por menores consumos de energía (asociados en particular con la elección de un medio sorbente sólido), que están completamente cubiertos por la producción de energía térmica y electricidad de un sistema de cogeneración alimentado con una fracción de biogás a tratar.

30 Además, el procedimiento se caracteriza por la simplicidad de la gestión, los costes de inversión de planta comparables a los de las tecnologías de purificación más utilizadas en la técnica, y por los costes de operación mucho más bajos, gracias a los menores consumos de energía.

35 El procedimiento de acuerdo con la invención permite ventajosamente la purificación de una corriente de biogás para formar biometano en continuo, usando un sistema de tratamiento con al menos dos unidades de tratamiento conectadas entre sí en paralelo. De hecho, al operar el sistema descrito anteriormente para que la fase de adsorción de CO₂ se lleve a cabo en una primera unidad de tratamiento, mientras el sorbente se regenera en la segunda unidad de tratamiento, el flujo de la corriente de biogás puede desviarse cíclicamente de una unidad a la otra, lo que garantiza un tratamiento de purificación de biogás que es continuo en el tiempo.

Se ha observado que, para permitir la continuidad anterior en el procedimiento de purificación, la fase de adsorción debe tener una duración más larga o igual que la suma de las duraciones de las fases de regeneración y enfriamiento.

40 En una realización particularmente preferida de la presente invención, el sistema de tratamiento comprende al menos tres unidades de tratamiento conectadas en paralelo entre sí y el procedimiento se efectúa de modo que:

- la duración de las fases de adsorción, desorción y enfriamiento sea sustancialmente la misma (por ejemplo, 1 hora);

45 - cada una de estas fases, en un momento operativo dado, bajo condiciones de régimen, se efectúe en una unidad de tratamiento diferente.

Con este fin, se puede regular el tiempo necesario para efectuar cada una de las fases anteriores, seleccionando adecuadamente el sorbente sólido, los valores de temperatura y presión para las fases de adsorción y desorción, y posiblemente usando una corriente de arrastre durante la regeneración del sorbente.

El siguiente ejemplo de realización se proporciona con fines puramente ilustrativos de la presente invención y no debe considerarse en modo alguno como una limitación de su alcance de protección definido por las reivindicaciones anexas.

Ejemplo

5 La eficacia del procedimiento, objeto de la presente invención, se evaluó en una planta de laboratorio utilizando un sorbente que consiste en dietanolamina (DEA) soportada sobre esferas de alúmina peletizada (diámetro medio de los pelets igual a 3 mm, superficie específica BET igual a 270 m²/g, porosidad BJH igual a 1 cm³/g). El contenido de DEA del sorbente fue igual a 36% en peso con respecto al peso del sorbente. El sorbente se preparó suspendiendo 10 96 g de alúmina peletizada en una disolución que contenía 54 g de DEA disueltos en 200 ml de metanol y 10 ml de agua. La disolución se mantuvo bajo agitación durante 1 h a 50°C y posteriormente se secó al vacío dentro de un rotavapor sumergido en un baño de agua mantenido a una temperatura de 50°C. La temperatura del baño se aumentó luego a un valor de 90°C, bajo un vacío constante, con el fin de garantizar la eliminación completa del disolvente de los poros del soporte.

15 La capacidad de captura de CO₂ por parte del sorbente se evaluó en una planta de laboratorio que funcionaba con una corriente gaseosa que contenía 60% v/v de CH₄ y 40% v/v de CO₂ en las siguientes condiciones:

- caudal de la corriente de CH₄/CO₂ igual a 250 NI/h;
- cantidad de sorbente igual a 650 g;
- temperatura de adsorción T_{ads} igual a 40°C;
- 20 - presión de adsorción igual a 1 atm;
- temperatura de desorción T_{des} igual a 70°C;
- presión de desorción igual a 100 mbar;
- corriente de arrastre de N₂ 1,2 NI/h.

En las condiciones anteriores, la capacidad de captura del sorbente demostró ser de 33 g de CO₂/kg de sorbente.

25 Sobre la base de esta capacidad de captura, se puede estimar la eficacia energética y de producción de una instalación de purificación que comprende tres unidades de tratamiento, como se representa en la figura 1, que funciona en continuo. Con este propósito, se consideraron las siguientes condiciones:

- 1) caudal de la corriente de gas a tratar 500 Nm³/h (CH₄:CO₂ igual a 60:40 (v/v));
- 2) absorción a presión atmosférica y 40°C;
- 30 3) regeneración a 70°C, 100 mbar y con 40 Nm³/h de corriente de arrastre de N₂;
- 4) capacidad de adsorción de CO₂ igual a 33 g de CO₂/kg de sorbente;
- 5) densidad aparente del sorbente igual a 667,4 kg/m³;
- 6) duración de las fases únicas de adsorción, regeneración y enfriamiento igual a 1 hora.

35 Sobre la base de la capacidad de absorción del CO₂ y la densidad aparente del sorbente, se puede suponer que cada unidad debe contener 12 toneladas de sorbente para poder tratar 500 Nm³/h de biogás en continuo. Dicha cantidad de sorbente se puede calentar en 1 hora hasta una temperatura de 70°C, suministrando un caudal de agua caliente (90°C) igual a 6,1 kg/s, a la unidad de tratamiento. Dicho caudal de agua caliente se puede generar mediante un motor de cogeneración que tiene las características del proyecto indicadas en la Tabla 1 a continuación.

40

Tabla 1 - Datos del proyecto del motor de cogeneración

DATOS DEL MOTOR	
Potencia de entrada [kW]	629
Caudal de biogás [Nm ³ /h]	93,4
Lambda	1
Caudal de H ₂ O [kg/s]	6,1
Temperatura del agua caliente generada [°C]	90
Máxima ΔT en agua [°C]	20
Potencia térmica [kW]	404
Energía eléctrica [kW]	226

- 5 El intercambiador de calor integrado en el motor de cogeneración produce un caudal de agua igual a 6,1 kg/s a una temperatura de 90°C. Al enviar el agua a 90°C dentro de una unidad de tratamiento de acuerdo con la figura 2, el sorbente se puede calentar a una temperatura de 70°C en aproximadamente 0,5 h.
- Una vez que el sorbente haya alcanzado la temperatura deseada de 70°C, la desorción de CO₂ se puede completar en 1 h, despresurizando la unidad de tratamiento a 100 mbar por medio de una bomba de vacío y lavando la misma
- 10 unidad con la corriente de arrastre de nitrógeno. La corriente de arrastre puede ser producida por un generador de nitrógeno comercial del tipo PSA, que utiliza tamices moleculares que pueden retener y separar selectivamente el oxígeno presente en el aire. La falta de oxígeno en la corriente de arrastre garantiza la ausencia de fenómenos de degradación del sorbente atribuibles a reacciones de oxidación de las aminas. El generador de nitrógeno tiene la capacidad de tratar un caudal de 50,6 Nm³/h de aire comprimido a aproximadamente 10 bar.
- 15 Se puede usar agua fría a una temperatura de 20°C para enfriar la unidad de tratamiento desde la temperatura de regeneración hasta la temperatura de adsorción y eliminar el calor producido por la reacción exotérmica procedente de la unidad. El caudal de agua necesario para llevar todo el sorbente de 70°C a 40°C en 1 h es igual a aproximadamente 6,5 kg/s. Se ha calculado que el agua de refrigeración sale de la unidad de tratamiento a una
- 20 temperatura máxima de 35°C. Se puede usar un calentador de aire capaz de eliminar aproximadamente 375 kW térmicos, para volver a alcanzar una temperatura de 20°C.
- Frente a un caudal de alimentación de 500 Nm³/h del biogás anterior a 60% en CH₄ (v/v), el procedimiento propuesto en la presente invención permite una producción mínima de biometano igual a 244 Nm³/h, frente a los 300 Nm³/h que se puede obtener teóricamente, y contempla consumos de energía relacionados con los componentes enumerados a continuación:
- 25 - soplador en la línea de biogás necesario para superar las caídas de presión en la unidad de tratamiento en la fase de adsorción;
- soplador en la línea del aire que ingresa al motor de cogeneración;
- bomba de circulación del agua de enfriamiento;
- bomba de circulación del agua de calentamiento;
- 30 - calentador de aire para enfriar el agua a 20°C;
- compresión del biometano producido a la presión de entrada en una red de distribución de gas natural (7 bar);
- la alimentación de aire comprimido al generador de nitrógeno y los consumos eléctricos de este último;
- bomba de vacío (a 100 mbar);
- 35 - consumos auxiliares (electroválvulas, sistema de control, aire acondicionado, etc.).

Los consumos de energía estimados para los componentes anteriores se indican en la Tabla 2.

**Tabla 2 Consumo de energía de los componentes
individuales de la planta**

CONSUMO DE ENERGIA [kW]	
Soplador de biogás	0,15
Ventilador de aire al motor de cogeneración	0,35
Bomba de circulación de agua de enfriamiento	2,89
Bomba de circulación de agua de calentamiento	1,36
Calentador de aire	18,70
Compresión de biometano	23,26
Consumos auxiliares	10
Bomba de vacío (100 mbar)	24,8
Generador de nitrógeno	10,3

- 5 El consumo total de la instalación es igual a 91,81 kW, frente a una potencia eléctrica producida por el motor de cogeneración igual a 226 kW. Por lo tanto, los consumos de energía de la planta están cubiertos por completo por la producción de energía del motor de cogeneración, con un excedente de energía eléctrica de 134 kW producido, que puede utilizarse ventajosamente en el lugar de producción para el funcionamiento de otros equipos o remunerarse por entrada en una red de distribución de energía eléctrica.

10

REVINDICACIONES

1. Un procedimiento para purificar una corriente de biogás (2), producida por la digestión bacteriana de residuos orgánicos en condiciones anaeróbicas, que comprende al menos metano y CO₂, para obtener biometano, comprendiendo dicho procedimiento al menos las siguientes etapas:
- 5 a) suministrar una parte (4) de dicha corriente de biogás (2) a un sistema de cogeneración (M) y producir un fluido de calentamiento (3) y energía eléctrica (18);
- b) suministrar dicha energía eléctrica (18) al menos a los medios de refrigeración (R) y producir un fluido de refrigeración (5);
- 10 c) suministrar la parte restante (6) de dicha corriente de biogás (2) a un sistema de tratamiento TPSA (S) que comprende al menos una primera (U1) y una segunda unidad (U2) de tratamiento, comprendiendo cada una al menos un sorbente sólido (25);
- en dicho sistema de tratamiento (S) que se produce, durante al menos un cierto período de funcionamiento en condiciones de régimen, que:
- 15 - el CO₂ presente en dicha parte restante (6) de dicha corriente de biogás (2) se adsorbe en el sorbente sólido (25) de dicha primera unidad de tratamiento (U1) con la formación de una corriente de biometano (16');
- el sorbente sólido (25) de dicha segunda unidad de tratamiento (U2) se somete a regeneración con la formación de una corriente de CO₂ desorbido (17') y un sorbente sólido regenerado;
- 20 dicho fluido de calentamiento (3) y dicho fluido de enfriamiento (5) se usan para regular la temperatura de dichos sorbentes sólidos (25).
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, en donde la adsorción de dicho CO₂ se efectúa en dicha segunda unidad de tratamiento (U2) mientras que el sorbente sólido (25) de dicha primera unidad de tratamiento (U1) se somete a regeneración.
- 25 3. El procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha regeneración del sorbente sólido (25) comprende:
- desorber dicho CO₂ adsorbido en dicho sorbente sólido (25) calentando dicho sorbente sólido (25) para formar una corriente de CO₂ desorbido (17') y un sorbente sólido regenerado;
- enfriar dicho sorbente sólido regenerado.
- 30 4. El procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en donde la adsorción de CO₂ se efectúa en dicho sorbente sólido (25) a una temperatura dentro del intervalo de 20°C-60°C.
5. El procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 3-4, en donde la desorción de CO₂ se efectúa en dicho sorbente sólido (25) a una temperatura superior a 60°C e inferior o igual a 120°C.
6. El procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores 3-5, en donde la desorción de CO₂ se efectúa a una presión inferior a 800 mbar, preferiblemente dentro del intervalo de 50-800 mbar.
- 35 7. El procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 3-6, en donde dicho sorbente sólido regenerado se enfría a una temperatura dentro del intervalo de 20°C-60°C.
8. El procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho sistema de tratamiento (S) comprende una tercera unidad de tratamiento (U3) que comprende al menos un sorbente sólido (25) y en donde, durante al menos un cierto período operativo bajo condiciones de régimen de dicho sistema de tratamiento S, ocurre que:
- 40 - el CO₂ presente en dicha parte restante (6) de dicha corriente de biogás (2) se adsorbe sobre el sorbente sólido (25) de una primera de dichas unidades de tratamiento (U1-U3) a una temperatura dentro del intervalo de 20°C – 60°C con la formación de una corriente de biometano (16'-16'');
- 45 - el sorbente sólido (25) de una segunda de dichas unidades de tratamiento (U1-U3) se calienta a una temperatura superior a 60°C e inferior o igual a 120°C para formar una corriente de CO₂ desorbido (17' - 17'') y un sorbente sólido regenerado;
- el sorbente sólido (25) de una tercera de dichas unidades de tratamiento (U1-U3) se enfría a una temperatura dentro del intervalo de 20°C – 60°C.

9. El procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha desorción de CO₂ es asistida por el suministro de una corriente de arrastre gaseosa (7) sobre dicho sorbente sólido (25).

10. El procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho sorbente sólido (25) se selecciona a partir de: (i) tamices moleculares de carbono, (ii) carbón activado, (iii) uno o más compuestos de amina, preferiblemente alcanolaminas, soportados sobre un sustrato sólido, (iv) una o más sales de carbonato.

11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, en donde dicho sorbente sólido (25) comprende al menos una alcanolamina que tiene la fórmula OH-R₁-N-R₂R₃, en donde:

- R₁ es un grupo -(CH₂)_n en donde n es un número entero de 2 a 4,

- R₂ y R₃, iguales o diferentes entre sí, se seleccionan a partir de: un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo C₁-C₄ o un grupo -(CH₂)_nOH en donde n es un número entero de 2 a 4;

dicha alcanolamina está soportada sobre un sustrato sólido, preferiblemente seleccionado de alúmina, sílice, aluminosilicatos o una combinación de los mismos.

12. Una instalación (1) para purificar una corriente de biogás (2), producida por la digestión bacteriana de residuos orgánicos en condiciones anaeróbicas, que comprende al menos metano y CO₂, para obtener biometano, que comprende:

- al menos un sistema de cogeneración (M) para producir un fluido de calentamiento (3) y energía eléctrica (18), alimentándose dicho sistema de cogeneración (M) con al menos una parte (4) de dicha corriente de biogás (2);

- medios de refrigeración (R) para producir un fluido de refrigeración (5) suministrado eléctricamente por dicho sistema de cogeneración (M);

- al menos un sistema de tratamiento TPSA (S) que comprende al menos una primera (U1) y una segunda unidad (U2) de tratamiento conectadas en paralelo entre sí, comprendiendo cada una al menos un sorbente sólido (25); conectándose dichas primera y segunda unidades de tratamiento (U1, U2) a dicho sistema de cogeneración (M) para recibir dicho fluido de calentamiento (3) y a dichos medios de enfriamiento (R) para recibir dicho fluido de enfriamiento (5);

- medios para alimentar biogás para suministrar la parte restante (6) de dicha corriente de biogás (2) a al menos dichas unidades de tratamiento (U1, U2);

- medios para alimentar un fluido térmico para suministrar dicho fluido de calentamiento (3) o dicho fluido de enfriamiento (5) a al menos dichas unidades de tratamiento (U1, U2), con el fin de regular la temperatura de los sorbentes sólidos respectivos.

13. La instalación (1) de acuerdo con la reivindicación anterior, que comprende al menos una tercera unidad de tratamiento (U3) conectada en paralelo a dichas primera y segunda unidades de tratamiento (U1, U2), comprendiendo dicha tercera unidad de tratamiento (U3) al menos un sorbente sólido (25); dicho fluido de calentamiento (3) y dicho fluido de enfriamiento (5) también se alimentan a dicha unidad de tratamiento adicional (U3) para regular la temperatura del sorbente sólido (25) de dicha unidad de tratamiento adicional (U3); dicha parte restante (6) de dicha corriente de biogás (2) también se alimenta a dicha tercera unidad de tratamiento (U3).

14. La instalación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 12-13, en donde dicha unidad de tratamiento (U1-U3) comprende:

- un tubo principal (22) a través del cual fluye dicho fluido de calentamiento (3) o dicho fluido de enfriamiento (5),

- una pluralidad de tubos auxiliares (24), opcionalmente paralelos entre sí y a dicho tubo principal (22), en contacto con dicho tubo principal (22), conteniendo cada tubo auxiliar (24) al menos un sorbente sólido (25).

15. La instalación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 12-14, que comprende un dispositivo (DS) para generar una corriente de arrastre gaseosa (7') conectada a dichas unidades de tratamiento (U1-U3) para ayudar a la desorción de CO₂ de dichos sorbentes sólidos (25), estando dicho dispositivo (DS) opcionalmente conectado a dicho sistema de cogeneración (M) para ser alimentado eléctricamente de ese modo.

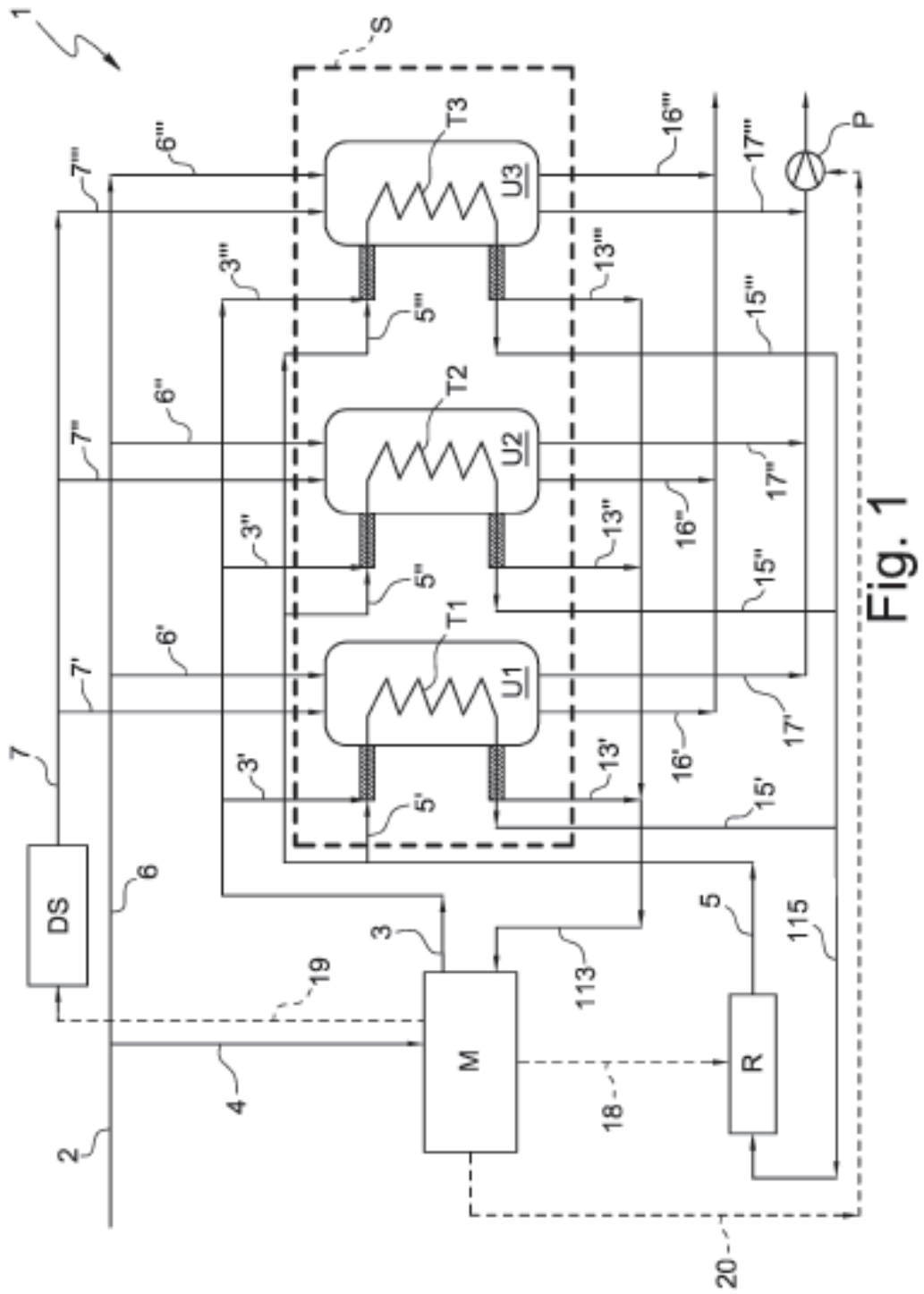


Fig. 1

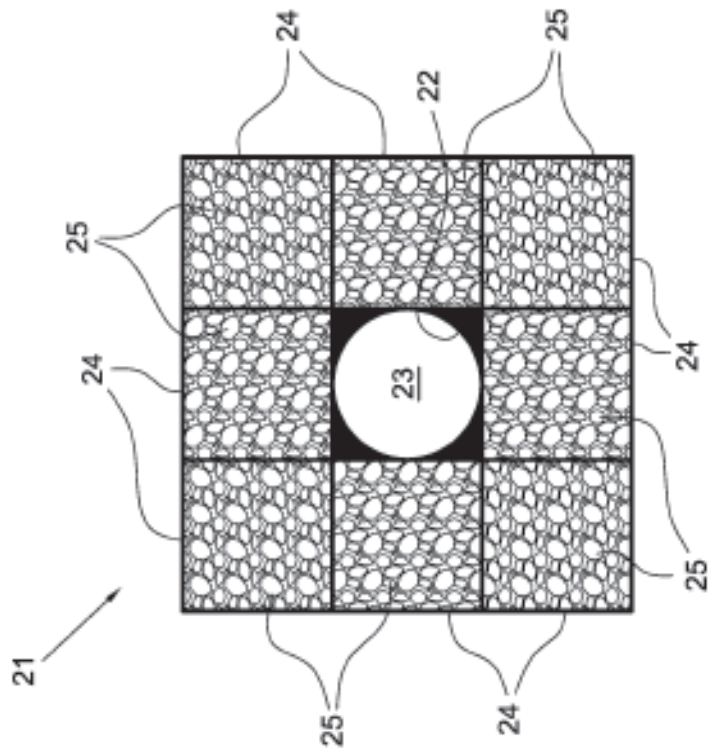


Fig. 2