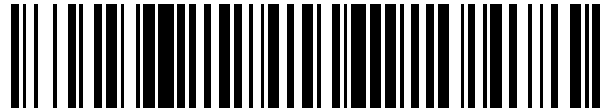


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 558**

51 Int. Cl.:

**F25J 3/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2016 PCT/NL2016/050077**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.08.2016 WO16126159**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2016 E 16716065 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 3254038**

54 Título: **Sistema y procedimiento para procesar un fluido que comprende hidrocarburos**

30 Prioridad:

**03.02.2015 NL 1041168**

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

**04.06.2019**

73 Titular/es:

**ILNG B.V. (100.0%)  
Wijnand van Arnhemweg 8  
6862 XM Oosterbeek, NL**

72 Inventor/es:

**VAN ROOSMALEN, JEROM FERDINANDUS**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 715 558 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**

Sistema y procedimiento para procesar un fluido que comprende hidrocarburos

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere a un sistema y a un procedimiento para procesar, en particular para licuar, un fluido que comprende hidrocarburo entrante.

**Antecedentes de la invención**

10 En general, se conocen muchos sistemas y procedimientos que procesan fluidos que contienen hidrocarburos, en particular para licuar gases que comprenden hidrocarburos. A menudo, se usa un flujo de fluido de entrada que comprende un gas altamente purificado. A menudo, tal flujo de fluido de entrada ya está seco, es decir, se ha eliminado el vapor de agua. Además, a menudo, además, el dióxido de carbono se ha eliminado en una etapa separada.

15 En muchos casos, sin embargo, el origen de un gas que se necesita licuar tiene muchas fuentes. Por ejemplo, el gas natural puede provenir de diferentes pozos. Otro ejemplo es el biogás, que usualmente tiene muchos compuestos adicionales además del metano.

20 El documento US2900797 en 1959 ya describía la separación de componentes ácidos normalmente gaseosos e hidrocarburos normalmente gaseosos. De acuerdo con su descripción, en un aspecto, esta invención se refiere a la purificación de una corriente de metano que contiene dióxido de carbono. En otro aspecto, esta invención se refiere a la eliminación de dióxido de carbono del gas natural. Varias corrientes de hidrocarburos normalmente gaseosas que contienen metano como componente principal también contienen normalmente componentes ácidos, tales como dióxido de carbono, en cantidades que requieren la separación de tales componentes normalmente ácidos gaseosos de la corriente de gas. Se encontró que la operación de un proceso de acuerdo con esta publicación en la práctica era compleja.

25 El documento WO2014166925 de 2013 de acuerdo con su resumen describe un procedimiento para licuar una corriente de gas que contiene hidrocarburo contaminado, el procedimiento comprende al menos las etapas de:

- (a) proporcionar una corriente de gas que contiene hidrocarburos contaminados;
- (b) enfriar la corriente de gas que contiene hidrocarburos contaminados en un primer intercambiador de calor, de este modo se obtiene una corriente que contiene hidrocarburos contaminados enfriados;
- 30 (c) enfriar la corriente que contiene hidrocarburos contaminados enfriados en un expansor, de este modo se obtiene una corriente parcialmente licuada;
- (d) separar la corriente parcialmente licuada en un separador, de este modo se obtiene una corriente gaseosa y una corriente líquida;
- (e) expandir la corriente líquida obtenida en la etapa (d) de este modo se obtiene una corriente multifase, la corriente multifase que contiene al menos una fase de vapor, una fase líquida y una fase sólida;
- 35 (f) separar la corriente multifase en un separador, de este modo se obtiene una corriente gaseosa y una corriente de suspensión;
- (g) separar la corriente de suspensión en un separador sólido/líquido, de este modo se obtiene una corriente de hidrocarburo líquido y una corriente de suspensión concentrada;
- 40 (h) pasar la corriente gaseosa (80) obtenida en la etapa (d) a través del primer intercambiador de calor, de este modo se obtiene una corriente gaseosa calentada; e
- (i) comprimir la corriente gaseosa calentada de este modo se obtiene una corriente de gas comprimido; y
- (j) combinar la corriente de gas comprimido obtenida en la etapa (i) con la corriente de gas que contiene hidrocarburos contaminados provista en la etapa (a).

45 Por lo tanto, el campo está completamente en movimiento y sigue buscando la optimización de procesos.

A menudo, los sistemas para licuar el gas, en particular el gas que comprende una gran cantidad de metano, se diseñan para funcionar a gran escala industrial. El biogás, por ejemplo, generalmente se produce de manera descentralizada. Por lo tanto, existe en particular la necesidad de un sistema de tratamiento y licuefacción de gas que ofrezca libertad de diseño, en particular en cuanto a la escala de diseño.

## Sumario de la invención

- Una desventaja de la técnica anterior es que se proporcionan sistemas que a menudo no se pueden o son difíciles de integrar. Algunos sistemas requieren una gran infraestructura. Algunos u otros sistemas requieren componentes activos que necesitan una cantidad relativamente alta de energía eléctrica. Otros sistemas de tratamiento de gas no pueden cumplir con las especificaciones de gas hermético requeridas en la entrada del sistema de licuefacción. El sistema actual proporciona una fácil implementación.
- Por lo tanto, un aspecto de la invención es proporcionar un sistema alternativo que se puede usar junto a, o complementario a, o además de, a los sistemas conocidos. Esto preferiblemente, además, al menos en parte, evita uno o más de los inconvenientes descritos anteriormente.
- En consecuencia, la invención proporciona un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.
- En una realización, el dispositivo de decantación tiene una salida de dispositivo reductor de presión para proporcionar dicho fluido a una presión de 100-1.000 kPa, una entrada de dispositivo de decantación en comunicación fluida con dicha salida del dispositivo reductor de presión y la apertura a un recipiente, dicho dispositivo de decantación proporciona dicho líquido licuado a una presión entre 100 y 1.000 kPa, una temperatura entre -120 °C y -150 °C, y una concentración de metano de al menos 98% en volumen de dicho recipiente en la salida del dispositivo de decantación.
- En una realización del procedimiento, dicho pretratamiento comprende filtrar dicho fluido gaseoso usando filtración de membrana a una fracción retenida con una presión entre 1.000 y 5.000 kPa, una temperatura entre 0 °C y 50°C, un contenido de dióxido de carbono por debajo de 1% en volumen, un contenido de agua por debajo de 10 ppm y un contenido de metano de al menos 95% en volumen.
- En una realización, dicho licuado que comprende el enfriamiento criogénico dicho fluido a una temperatura entre -100 °C y -140 °C, una presión entre 1.000 y 5.000 kPa y un contenido de metano de al menos 95% en volumen;
- En una realización, dicha vaporización instantánea de dicho fluido licuado en un recipiente comprende recuperar fluido líquido de dicho recipiente a un primer nivel de recipiente a una presión entre 100 y 1.000 kPa, una temperatura entre -120 °C y -150 °C, y una concentración de metano de al menos 98% en volumen en un dispositivo de almacenamiento y recuperar un flujo de la suspensión que comprende CO<sub>2</sub> sólido y agua helada a un segundo nivel de recipiente por debajo de dicho primer nivel de recipiente.
- El sistema y el procedimiento permiten producir gas licuado, en particular metano licuado, con una pureza relativamente alta.
- El sistema actual proporciona una implementación simple mediante la integración del proceso de dos operaciones unitarias que se conocen individualmente, pero en diferentes condiciones del proceso y no se integran en un proceso: separación de gases por membrana y separación trifásica criogénica. Más particularmente, el gas de evaporación de un separador de 3 fases criogénico se usa como gas de barrido externo en uno o más de los módulos de membrana. Se descubrió que el gas de barrido, también comúnmente llamado gas de purga, mejora la separación de los gases en las membranas. En efecto, la integración del proceso actual es el habilitador para suministrar gas tratado desde la salida de la fracción retenida de la membrana, a través de un intercambiador de recuperación en frío, directamente a la entrada de un licuador de gas estándar.
- En la solicitud actual, la presión se refiere a la presión absoluta. En lugar de "bar", en este contexto es mejor utilizar la indicación "bara". En consecuencia, en esta solicitud donde se usa presión, se refiere a la presión absoluta.
- El sistema y el procedimiento en una realización se proporcionan para recibir dicho fluido gaseoso entrante a una presión entre 100 y 3.000 kPa y una temperatura entre 0 °C y 50 °C.
- El sistema y el procedimiento en una realización se proporcionan para suministrar dicho fluido saliente a una presión entre 200 y 1.000 kPa y una temperatura menor de -120 °C
- En una realización, la recuperación de dicho fluido líquido se realiza en o por encima de dicho primer nivel de recipiente.
- El proceso en el recipiente es comparable a un proceso de decantación en el que las partículas sólidas en un líquido se dejan hundir hasta el fondo del recipiente, mientras que a un nivel más alto del recipiente se retira o vierte el líquido sin partículas sólidas. Esto también se conoce como un separador de 3 fases. Se encontró que el enfriamiento por evaporación, relativamente profundo, del líquido combinado con la decantación elimina de manera efectiva, por ejemplo, agua helada y hielo de dióxido de carbono sin causar obstrucciones. Aquí, el enfriamiento se logra en gran parte mediante la evaporación parcial del líquido, lo que se denomina enfriamiento instantáneo. El vapor evaporado comprende principalmente metano y nitrógeno, con una concentración extremadamente baja de CO<sub>2</sub>, y agua y otros contaminantes debido a las condiciones criogénicas en el separador de 3 fases.
- Además, cuando el gas de evaporación de retorno fluye desde la decantación y/o gas de ebullición desde el

almacenamiento y se lo utiliza, por ejemplo, para pre-enfriamiento y/o como un gas de barrido en la filtración de membrana, proporciona un proceso cada vez más eficiente tanto en términos de uso de energía y/o efectividad del proceso, así como de sencillez para operar.

5 Los fluidos que comprenden metano a menudo están contaminados con agua, dióxido de carbono y otros componentes. Por ejemplo, el biogás tiene altas concentraciones de contaminación y difiere en su composición, incluso en una instalación a lo largo del tiempo. Esto hace que el biogás a menudo sea un gas combustible menos favorable. El sistema y el procedimiento actuales proporcionan, por ejemplo, un aumento de escala robusto, escalable y/o uso eficiente de energía de por ejemplo el biogás.

10 En una realización, el sistema también comprende un dispositivo de almacenamiento que tiene una entrada del dispositivo de almacenamiento acoplada a la salida del dispositivo de decantación, una salida del dispositivo de almacenamiento para el fluido licuado saliente.

En una realización, el dispositivo de almacenamiento además comprende una salida del gas de ebullición para el gas de ebullición desde dicho dispositivo de almacenamiento.

15 En una realización, el dispositivo de decantación además comprende un recipiente que tiene un primer extremo del recipiente y un segundo extremo del recipiente opuestos a dicho primer extremo del recipiente, en el uso dicho primer extremo del recipiente está en un extremo superior y dicho segundo extremo del recipiente está en un extremo inferior, con dicha entrada del dispositivo de decantación que comprende una extremo de entrada del dispositivo de decantación que se abre dentro de dicho recipiente a una distancia de dicho primer extremo del recipiente y a una distancia de dicho segundo extremo del recipiente.

20 En una realización, la salida del residuo de suspensión se abre en o cerca de dicho segundo extremo.

En una realización, la salida del dispositivo de decantación se abre cerca de una pared del recipiente cerca de un nivel de dicho extremo de entrada del dispositivo de decantación.

25 En una realización, el recipiente comprende un vertedero provisto entre un nivel de dicho extremo de entrada del dispositivo de decantación y dicho primer extremo del recipiente, y dicha abertura de salida del dispositivo de decantación en dicho vertedero para recuperar fluido licuado que desborda dicho vertedero.

En una realización, el recipiente además comprende una salida de gas de evaporación para un gas de evaporación en o cerca de dicho primer extremo del recipiente.

30 En una realización, la salida de gas de evaporación está acoplada en comunicación de fluido para proporcionar comunicación fluida a al menos uno seleccionado de un pre-enfriador en dicho dispositivo de licuefacción para pre-enfriar dicho fluido antes de que se proporcione a dicho enfriador criogénico, a un lado de permeado de dicho separador de membrana para eliminar el permeado, y dicha entrada del dispositivo de compresión.

35 En una realización, la salida de gas de evaporación se acopla en comunicación de fluido a una entrada de un pre-enfriador en dicho dispositivo de licuefacción para pre-enfriar dicho fluido antes de que se proporcione a dicho enfriador criogénico. Dicho gas de evaporación se puede proporcionar posteriormente a un lado de permeado de al menos uno de dicho separador de membrana para eliminar el permeado. Dicho gas de evaporación se puede proporcionar posteriormente a dicha entrada del dispositivo de compresión.

40 En una realización, la salida del gas de ebullición desde el dispositivo de almacenamiento se acopla en comunicación de fluido para proporcionar comunicación fluida a al menos uno seleccionado de un pre-enfriador en dicho dispositivo de licuefacción para pre-enfriar dicho fluido antes de que se proporcione a dicho enfriador criogénico, a un lado de permeado de dicho separador de membrana para eliminar el permeado, y dicha entrada del dispositivo de compresión.

45 En una realización, la salida del gas de ebullición se acopla en comunicación de fluido a una entrada de un pre-enfriador en dicho dispositivo de licuefacción para pre-enfriar dicho fluido antes de que se proporcione a dicho enfriador criogénico, dicho gas de ebullición se puede proporcionar posteriormente a un lado de permeado de al menos uno de dicho separador de membrana para eliminar el permeado y dicho gas de ebullición se puede proporcionar posteriormente a dicha entrada del dispositivo de compresión.

En una realización del procedimiento, el fluido vaporizado instantáneamente, que comprende fases de vapor, líquido y sólido, se libera en dicho recipiente por debajo de un nivel de fluido de dicho fluido líquido.

En una realización del procedimiento, el fluido entrante es un biogás.

50 En una realización del procedimiento, el fluido que proviene del dispositivo de pretratamiento contiene al menos 0,1% en volumen de CO<sub>2</sub>.

En una realización del procedimiento, una corriente de residuos de suspensión se recupera de dicho recipiente. En particular, esta corriente contiene al menos 50% en peso de de partículas sólidas de CO<sub>2</sub>.

En una realización del procedimiento, una corriente de gas de evaporación se recupera de dicho recipiente. En particular, dicha corriente de gas de evaporación se recupera por encima de dicho primer nivel de recipiente.

5 En una realización, una corriente de gas de ebullición se recupera de dicho dispositivo de almacenamiento, si está disponible dicha corriente de gas de evaporación. Dicha corriente de gas de evaporación, dicha corriente de ebullición, o una combinación de estas se proporcionan en contacto de intercambio de calor con dicho fluido corriente arriba, por ejemplo, antes de dicho enfriamiento criogénico.

En una realización del procedimiento, el gas de evaporación, dicho gas de ebullición o una de sus mezclas se proporciona a dicha filtración de membrana como un gas de barrido a una presión menor o lado de permeado en dicha filtración de membrana.

10 En una realización del procedimiento, la corriente de residuos de suspensión se calienta, se funde y se evapora, y posteriormente se combina con dicho fluido entrante.

En una realización, el procedimiento y el sistema requieren un dispositivo compresor para el gas de ebullición, gas de evaporación, el fluido gaseoso entrante, y la corriente de suspensión.

15 El dispositivo de pretratamiento comprende un separador de membrana. En una realización, los separadores de membrana y las membranas adecuados se analizan en el artículo 'Future Directions of Membrane Gas Separation' por Richard W. Baker, Ind. Eng. Chem. Res. 2002, 41, 1393-1411. Este artículo se cita por referencia como si estuviera completamente expuesto. En una realización, el separador de membrana comprende al menos dos dispositivos de membrana que están acoplados funcionalmente en serie para proporcionar dos etapas. Los dos dispositivos de membrana pueden diferir. En una realización, la filtración de membrana se basa en el "tipo de fibra hueca" hecho de un polímero, por ejemplo poliimida. Los componentes presentes en el gas (metano, dióxido de carbono, nitrógeno, agua y otros) penetran a través de una capa selectiva muy fina sobre la base de un proceso de "solución - difusión". La selectividad de la separación de la membrana es el resultado de la diferente permeabilidad de los componentes.

20

25 El sistema puede comprender un dispositivo de compresión para comprimir dicho fluido gaseoso entrante a una presión entre 1.000 y 5.000 kPa en una salida del dispositivo de compresión. Normalmente, el dispositivo de compresión comprende un primer compresor, un inter-enfriador y un segundo compresor. Esta configuración y los compresores adecuados son, como tales, conocidos por los expertos.

30 El separador de 3 fases o dispositivo de decantación comprende un dispositivo reductor de presión. El dispositivo de decantación además comprende una entrada del dispositivo de decantación. En el sistema, la entrada del dispositivo de decantación está en comunicación fluida con dicha salida del dispositivo reductor de presión. El dispositivo de decantación además comprende una salida del dispositivo de decantación. El dispositivo de decantación además comprende una salida de residuos de la suspensión para proporcionar un flujo de la suspensión que comprende CO<sub>2</sub> sólido y agua helada. El dispositivo de decantación además comprende un recipiente. La entrada del dispositivo de decantación entra en el recipiente en o cerca de un extremo del recipiente. La salida del residuo de suspensión se proporciona en el recipiente en una posición remota desde la entrada del dispositivo de decantación. En una realización, la entrada del dispositivo de decantación entra en el recipiente en o cerca de un extremo del recipiente. En uso este extremo es el extremo superior o parte superior del recipiente. La salida del residuo de suspensión en una realización se proporciona en o cerca de un extremo opuesto del recipiente, en el uso este se denomina como el extremo inferior o parte inferior del recipiente.

35

40 En una realización, las paredes del recipiente están aisladas. En particular, el recipiente o al menos parte del recipiente forma al menos parte de un Dewar.

La entrada del dispositivo de decantación se extiende en el recipiente. De este modo llega al recipiente. La entrada del dispositivo de decantación tiene un extremo de entrada del dispositivo de decantación. En una realización, se abre a una distancia de una pared del recipiente.

45 La salida del dispositivo de decantación se proporciona abierta en dicho recipiente entre un extremo y el extremo opuesto. En una realización, la salida del dispositivo de decantación proporciona abierta cerca de una pared del recipiente. En una realización, la salida del dispositivo de decantación proporciona abierta cerca del extremo de entrada del dispositivo de decantación.

50 El recipiente además comprende además un espacio de cabeza o lugar de espacio de vapor en dicho recipiente. El lugar del espacio de cabeza se ubica en un extremo del recipiente. En uso, ya se denominó como el extremo superior o la parte superior del recipiente. La entrada del dispositivo de decantación en una realización llega dentro del lugar del espacio de cabeza. El lugar del espacio de cabeza comprende un extremo de salida del lugar del espacio de cabeza que se abre hacia el extremo opuesto. El lugar del espacio de cabeza permite que el de evaporación salga del recipiente con una cantidad mínima o sin arrastrar partículas sólidas o gotas de líquido. El extremo de entrada del dispositivo decantador en una realización se abre en o cerca del extremo de salida del lugar del espacio de cabeza.

55

En una realización, el dispositivo de decantación comprende una entrada de gas, que se abre en el lugar del espacio de cabeza.

En una realización, el dispositivo de decantación además comprende una salida del gas, que se abre en el lugar del espacio de cabeza. El gas de la salida del gas se denomina como gas de evaporación.

- 5 En una realización, el recipiente además comprende un rebosadero interno o un vertedero cerca, en o por encima de un nivel de dicho extremo de entrada del dispositivo de decantación, con la abertura de salida del dispositivo de decantación en dicho rebosadero.

10 En una realización, el recipiente comprende una parte cónica que tiene su sección transversal más estrecha en o cerca de la salida del residuo de suspensión. En una realización, el extremo de entrada del dispositivo de decantación se abre en o por encima de una sección transversal más grande de la parte cónica. La parte cónica permite la decantación de las partículas, en particular de un diámetro mayor, para moverse hacia la salida de residuos de la suspensión del decantador.

15 En funcionamiento, en una realización el dispositivo de decantación primero se llena parcialmente con líquido hasta después del extremo de salida del espacio de cabeza. En una realización, el recipiente se llena por medio de dicha entrada del dispositivo de decantación hasta un nivel por encima del extremo de entrada del dispositivo de decantación. En una realización el recipiente se llena usando un sistema o un procedimiento de flujo de inicio del fluido entrante.

20 El sistema puede comprender además un subsistema de control. En una realización, el subsistema de control comprende una serie de unidades de control. Una unidad de control está acoplada funcionalmente a al menos un sensor para determinar un parámetro físico seleccionado de presión, temperatura, flujo, nivel de líquido y una combinación de los mismos. Una unidad de control además está acoplada funcionalmente a al menos uno seleccionado entre una válvula, un compresor, un calentador y un reductor de presión.

25 Para los dispositivos descriptos, una salida está en "comunicación fluida" con la entrada de otro dispositivo, o está "acoplada en comunicación de fluido". Esto en general significa que una línea de un dispositivo está conectada a una línea de otro dispositivo, y que un fluido, es decir, un gas o un líquido, puede fluir a través de las líneas conectadas de un dispositivo a otro. Debe quedar claro que dicha conexión no es una conexión directa. Por ejemplo, se pueden incluir válvulas, lo que permite cerrar una línea. Otros dispositivos adicionales también se pueden incluir en la línea.

30 El dispositivo de licuefacción comprende un enfriador criogénico, también denominado "crio enfriador". Dicho enfriador criogénico se proporciona en general para enfriar y condensar un fluido entrante a una temperatura de entre -70 °C y -200 °C como flujo de fluido de salida. Dicho enfriador criogénico se puede diseñar para proporcionar un fluido de salida que puede tener una presión de hasta 1.500 kPa. En la presente invención, en particular, se utiliza un enfriador criogénico para proporcionar un fluido que permite una temperatura de salida de entre -80 °C y -150 °C y a una presión de entre 500 y 3.000 kPa. En la técnica, el término "criogénico" se define a menudo en referencia a temperaturas por debajo de -150 °C (o por debajo de aproximadamente 120K). En el mundo científico, 'criogénico' se usa a menudo cuando se hace referencia a una temperatura inferior a - 180 °C (93,15K). Este es el punto de ebullición de los "gases permanentes".

40 En ingeniería, el término "criogénico" se usa a menudo cuando se usan equipos, dispositivos o piezas que permiten que los gases se procesen a las condiciones mencionadas anteriores. Esto no siempre significa que los dispositivos o piezas se utilicen realmente a estas bajas temperaturas.

En la presente invención, se usa una definición amplia.

Se halló que un enfriador criogénico adecuado particularmente útil es un enfriador criogénico que usa el ciclo de Stirling. Estos tipos de enfriadores criogénicos también se conocen como licuadores de gas Stirling. Un ejemplo es un licuador de gas Stirling que se comercializa por Stirling Cryogenics, un nombre comercial de DH Industries B.V.

- 45 En una realización, la invención proporciona un proceso integrado para mejorar el fluido gaseoso entrante, por ejemplo, el biogás, mediante compresión posterior, tratamiento con gas de membrana, seguido de licuefacción, reducción de la presión y posterior separación de vapor-líquido, así como la eliminación de impurezas sólidas dentro de un separador de 3 fases, también conocido como vaso decantador flash o dispositivo de decantación.

50 En una realización, los gases de ebullición del tanque de almacenamiento, producidos por la entrada de calor, se pueden combinar con el gas de evaporación del separador de 3 fases del dispositivo decantador. La corriente mixta a baja presión se puede retornar a la alimentación. De esta manera, el gas de ebullición del tanque de almacenamiento se puede dirigir al dispositivo de compresión de alimentación en lugar de utilizar un compresor de gas de ebullición adicional dedicado. Tal compresor de gas de ebullición tiene un diseño costoso para manejar temperaturas criogénicas. Permite el uso de un solo compresor en el sistema, es decir, en el dispositivo de compresión para comprimir el líquido gaseoso entrante.

55

En una realización, la corriente del fondo líquido-sólido (suspensión) o el residuo de la suspensión que sale del separador de 3 fases que contiene los contaminantes en la fase sólida se puede fundir, vaporizar, sobrecalentar si es necesario, y luego combinar con el fluido entrante, por ejemplo, biogás de alimentación.

5 El reciclado de gas de evaporación puede producir un alto contenido de nitrógeno en el reciclado, tal alto contenido de nitrógeno es un fenómeno común en las plantas de LNG. Esto puede tener un efecto negativo en la eficiencia de la licuefacción. Por lo tanto, se puede incluir una purga, que puede limitar la acumulación de nitrógeno. La purga rica en nitrógeno en una realización se puede usar como gas combustible para motores de gas u otros consumidores de gas.

10 En una realización, la licuefacción se realiza en o ligeramente por debajo de la presión de la salida de la fracción retenida del separador de membrana. En una realización, de esta manera, la temperatura de licuefacción se puede maximizar. De esta manera, se puede reducir el riesgo de congelación de contaminantes. Una mayor presión también puede mejorar la eficiencia del proceso de licuefacción.

15 En una realización, el reciclado del gas de evaporación, en una realización mezclado con el gas de ebullición, se puede realizar proporcionando el gas reciclado a una entrada de succión del compresor de gas de alimentación de membrana. El gas de evaporación reciclado, seco y frío se debe calentar antes de mezclarse con el biogás relativamente húmedo y, por lo tanto, el reciclado puede incluir la recuperación del frío en el enfriador criogénico.

20 El gas de evaporación puede tener una presión baja y puede estar seco y tener un contenido de CO<sub>2</sub> muy bajo. En una realización, el gas de evaporación se usa como gas de barrido en un lado de permeado de una o más de las membranas del separador de membrana. El gas de evaporación o gas de barrido puede así diluir el permeado y puede permitir una reducción significativa de la presión parcial de contaminantes como el agua y el CO<sub>2</sub> en el lado de permeado de baja presión. Esta dilución puede aumentar la fuerza impulsora a través de la membrana y mejora el flujo de CO<sub>2</sub> y agua a través de la membrana hacia el lado permeado. El gas de evaporación utilizado como gas de barrido también reduce la co-permeación del gas producto. Una menor concentración de CO<sub>2</sub> y agua en la salida del separador de membrana puede reducir el riesgo de congelación y también puede permitir un subenfriamiento adicional. Esto puede mejorar significativamente la eficiencia de la licuefacción en el dispositivo de licuefacción.

La invención se refiere además a un sistema para procesar un fluido gaseoso entrante que comprende al menos 50% en volumen de metano, dicho sistema proporcionado para un fluido saliente que comprende un contenido de metano de al menos 98% en volumen, dicho sistema que comprende:

- 30 - un dispositivo de compresión proporcionado para comprimir dicho fluido gaseoso entrante a una presión entre 1.000 y 5.000 kPa en una salida del dispositivo de compresión, dicho dispositivo de compresión comprende una entrada del dispositivo de compresión para recibir dicho fluido entrante;
- 35 - un dispositivo de pretratamiento que comprende un separador de membrana para separar CO<sub>2</sub> y agua de dicho fluido entrante, dicho dispositivo de pretratamiento que comprende una entrada del dispositivo de pretratamiento en comunicación fluida con dicha salida del dispositivo de compresión, dicho dispositivo de pretratamiento para proporcionar dicho fluido como una fracción retenida a una presión entre 1.000 y 5.000 kPa, una temperatura entre 0°C y 50°C, un contenido de dióxido de carbono por debajo de 2% en volumen, un contenido de agua por debajo de 10 ppm en volumen y un contenido de metano de al menos 95% en volumen en una salida de pretratamiento;
- 40 - un dispositivo de licuefacción que comprende una entrada del dispositivo de licuefacción en comunicación fluida con dicha entrada del dispositivo de pretratamiento, dicho licuador que comprende un enfriador criogénico provisto para enfriar y condensar dicho fluido a una temperatura entre -100 °C y -140 °C, una presión entre 1.000 y 5.000 kPa, y un contenido de metano de al menos 95% en volumen a una salida del licuador, y
- 45 - un dispositivo de decantación que comprende un dispositivo reductor de presión que tiene una entrada del dispositivo reductor de presión en comunicación fluida con dicha salida del dispositivo de licuefacción y que tiene una salida del dispositivo reductor de presión para proporcionar dicho fluido a una presión de 200-1.000 kPa, una entrada del dispositivo de decantación en comunicación fluida con dicha salida del dispositivo reductor de presión y abertura en un recipiente, dicho dispositivo de decantación para proporcionar dicho fluido licuado a una presión entre 200 y 1.000 kPa, una temperatura entre -120 °C y -150 °C, y a una concentración de metano de al menos 98% en volumen de dicho recipiente en una salida del dispositivo de decantación, dicho dispositivo de decantación que además comprende una salida de residuos de la suspensión en dicho recipiente para proporcionar a el flujo de la suspensión que comprende CO<sub>2</sub> sólido y agua helada.

55 La invención también se refiere a un procedimiento para procesar un fluido gaseoso, dicho procedimiento que comprende:

- proporcionar un fluido gaseoso entrante que comprende al menos 50% en volumen de metano;

- aumentar la presión de dicho fluido gaseoso entrante a entre 1.000 y 5.000 kPa;
  - pretratar dicho fluido gaseoso con aumento de presión, dicho pretratamiento que comprende filtrar dicho fluido gaseoso usando filtración de membrana a una fracción retenida con una presión entre 1.000 y 5.000 kPa, una temperatura entre 0 °C y 50 °C, un contenido de dióxido de carbono por debajo de 2 % en volumen, un contenido de agua por debajo de 10 ppm en volumen y un contenido de metano de al menos 95% en volumen;
  - licuar dicho fluido pretratado, dicha licuefacción que comprende el enfriamiento criogénico de dicho fluido a una temperatura entre -100°C y -140°C, una presión entre 1.000 y 5.000 kPa, y un contenido de metano de al menos 95% en volumen;
  - vaporización instantánea de dicho fluido licuado en un recipiente, recuperación del fluido líquido de dicho recipiente en un primer nivel de recipiente a una presión entre 200 y 1.000 kPa, una temperatura entre -120 °C y -150 °C y una concentración de metano de al menos 98% en volumen en un dispositivo de almacenamiento y recuperación del flujo de la suspensión que comprende CO<sub>2</sub> sólido y agua helada en un segundo nivel de recipiente por debajo de dicho primer nivel de recipiente.
- La invención además o alternativamente se refiere a un sistema para licuar un fluido gaseoso entrante que comprende al menos 50% en volumen de metano, dicho fluido entrante a una presión entre 100 y 3.000 kPa a una temperatura entre 0 °C y 50 °C, en un fluido licuado saliente que comprende un contenido de metano de al menos 98% en volumen a una presión entre 200 y 1.000 kPa y una temperatura menor de -120 °C, dicho sistema que comprende:
- un dispositivo de pretratamiento que comprende un separador de membrana para separar al menos un gas que no es metano de dicho fluido entrante, dicho dispositivo de pretratamiento que comprende una entrada del dispositivo de pretratamiento en comunicación fluida con dicha salida del dispositivo de compresión, dicho dispositivo de pretratamiento para proporcionar dicho fluido como una fracción retenida a una presión entre 1.000 y 5.000 kPa, una temperatura entre 0°C y 50°C y un contenido de metano de al menos 95% en volumen en una salida de pretratamiento;
  - un dispositivo de licuefacción que comprende una entrada del dispositivo de licuefacción en comunicación fluida con dicho dispositivo de salida de pretratamiento, dicho licuador que comprende a enfriador criogénico para enfriar y condensar dicho fluido a una temperatura entre -100°C y -140°C, una presión entre 1.000 y 5.000 kPa y un contenido de metano de al menos 95% en volumen en una salida del licuador, y
  - un dispositivo de decantación que comprende un dispositivo reductor de presión que tiene una entrada del dispositivo reductor de presión en comunicación fluida con dicha salida del dispositivo de licuefacción y que tiene una salida del dispositivo reductor de presión para proporcionar dicho fluido a una presión de 200-1.000 kPa, una entrada del dispositivo de decantación en comunicación fluida con dicha salida del dispositivo reductor de presión, a salida del dispositivo de decantación que proporciona dicho fluido licuado a una presión entre 200 y 1.000 kPa, una temperatura entre -120 °C y -150 °C y una concentración de metano de al menos 98% en volumen, dicho dispositivo de decantación que además comprende una salida de residuos de la suspensión para proporcionar al flujo de la suspensión que comprende partículas sólidas que no son metano.

La invención proporciona además gas natural licuado, que se puede obtener mediante el procedimiento de acuerdo con la invención.

- La invención proporciona además gas natural licuado, que se puede obtener usando el sistema de acuerdo con la invención.

El término "sustancialmente" en la presente, al igual que en "consiste sustancialmente en", se entenderá y será claro para el experto en la técnica. El término "sustancialmente" también puede incluir realizaciones con "enteramente", "completamente", "todos", etc. Por lo tanto, en las realizaciones, el adjetivo sustancialmente también se puede eliminar. Cuando sea aplicable, el término "sustancialmente" también se puede referir a 90% o más, tal como 95% o más, especialmente 99% o más, incluso más especialmente 99.5% o más, incluyendo 100%. El término "comprende" incluye también realizaciones en las que el término "comprende" significa "consiste en".

El término "funcionalmente" se entenderá y será claro para un experto en la técnica. El término "sustancialmente" así como "funcionalmente" también puede incluir realizaciones con "enteramente", "completamente", "todos", etc. Por lo tanto, en realizaciones el adjetivo funcionalmente también se puede eliminar. El término "funcionalmente" se considera que abarca las desviaciones en una característica a la que hace referencia, que son tales que, en el uso funcional de la característica en combinación con otras características a las que se refiere en la invención, la combinación de características es capaz de operar.

Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones, se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Se debe entender que los términos utilizados de esta manera son intercambiables en circunstancias apropiadas y que



las realizaciones de la invención descritas en la presente pueden funcionar en otras secuencias distintas de las descritas o ilustradas en la presente.

5 Los dispositivos o aparatos de la presente se describen, entre otros, durante el funcionamiento. Como quedará claro para el experto en la técnica, la invención no se limita a los procedimientos de funcionamiento o los dispositivos en funcionamiento.

10 Cabe señalar que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran, en lugar de limitar la invención, y que los expertos en la técnica podrán diseñar muchas realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, cualquier signo de referencia colocado entre paréntesis no debe interpretarse como una limitación de la reivindicación. El uso del verbo "comprender" y sus conjugaciones no excluye la presencia de elementos o etapas que no sean los indicados en una reivindicación. El artículo "un" o "una" que precede a un elemento no excluyen la presencia de una pluralidad de tales elementos. La invención se puede implementar por medio de hardware que comprende varios elementos distintos, y por medio de de una computadora adecuadamente programada. En las reivindicaciones de dispositivos o aparatos que enumeran varios medios, varios de estos medios pueden estar realizados por uno y el mismo elemento de hardware. El mero hecho de que ciertas medidas se citen en las reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no se pueda utilizar para obtener ventajas.

15 La invención se aplica además a un aparato o dispositivo que comprende uno o más de los rasgos característicos descritos en la descripción y/o mostrados en los dibujos adjuntos. La invención se refiere además a un procedimiento o proceso que comprende uno o más de los rasgos característicos descritos en la descripción y/o mostrados en los dibujos adjuntos.

20 Los diversos aspectos discutidos en esta patente se pueden combinar para proporcionar ventajas adicionales. Además, algunas de las características pueden formar la base para una o más aplicaciones divisionales

#### Breve descripción de los dibujos

25 Las realizaciones de un sistema de licuefacción se describirán a continuación, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos en los que los símbolos de referencia correspondientes indican partes correspondientes, y en las que:

La Figura 1 muestra esquemáticamente un panorama general de alto nivel de una realización de un sistema integrado de tratamiento y licuefacción de gases;

La figura 2 muestra esquemáticamente un sistema de licuefacción con más detalle.

30 Los dibujos no están necesariamente en escala.

#### Descripción de las realizaciones preferentes

35 La figura 1 representa esquemáticamente un sistema de acuerdo con un aspecto de la invención en un alto nivel de abstracción. El sistema comprende un dispositivo de compresión 2, un dispositivo de pretratamiento 3, un dispositivo de licuefacción 4, un dispositivo de decantación 5, un dispositivo de almacenamiento 6. En una realización, además comprende un dispositivo de fusión y acondicionamiento 7. Estos dispositivos pueden comprender otros aparatos y acoplamientos, como se explicará al analizar la figura 2, que muestra un sistema con más detalle.

El dispositivo de compresión 2 comprende una entrada del dispositivo de compresión 21 para recibir dicho fluido entrante, y a salida del dispositivo de compresión 22.

40 El dispositivo de pretratamiento 3 comprende una entrada del dispositivo de pretratamiento 23, y un dispositivo de salida de pretratamiento 24.

El dispositivo de licuefacción 4 comprende una entrada del dispositivo de licuefacción 25 y una salida del dispositivo de licuefacción 26.

45 El dispositivo de decantación 5 comprende una entrada del dispositivo de decantación 27, a salida del dispositivo de decantación 30, a salida de residuos de la suspensión 31, y a salida de gas de evaporación 32 para gas de evaporación.

50 El dispositivo de almacenamiento 6 comprende una entrada del dispositivo de almacenamiento 33, una salida del dispositivo de almacenamiento 35, y a salida del gas de ebullición 36. En un almacenamiento, el líquido se puede calentar y se formará una pequeña cantidad de gas en el dispositivo de almacenamiento. Este gas se conoce como gas de ebullición.

Tanto el gas de ebullición como el gas de evaporación están relativamente limpios y fríos. En el sistema de la figura 1, ambos flujos de gas están en contraflujo usado en el sistema. Por lo tanto, se dirigen y se utilizan corriente arriba

en el sistema o el procedimiento. Por ejemplo, como se muestra en la figura 1, los gases se utilizan primero para preenfriar el gas entrante que ingresa al dispositivo de licuefacción 5. A continuación, los gases relativamente limpios se dirigen corriente arriba al dispositivo de pretratamiento 3. Allí, se pueden usar como gas de barrido para un separador de membrana (mostrado en la figura 2).

- 5 La figura 2 muestra el esquema del sistema abstracto de la figura 1 con más detalle. Los dispositivos de la figura 1 están indicados con líneas discontinuas. La figura 2 explica que cada uno de los dispositivos de la figura 1 puede comprender varios aparatos de dispositivos o controladores. En la figura 2, algunas válvulas (dos triángulos de lados iguales con vértices en contacto) están incluidas en los dispositivos, pero también se pueden proporcionar válvulas entre los dispositivos.
- 10 El dispositivo de compresión 2 en la figura 2 comprende un compresor 37 y un enfriador de aire 13 para enfriar el gas de salida del compresor 37. En una realización, el dispositivo de compresión comprende una primera y una segunda etapa de compresión, y un inter-enfriador entre las etapas de compresión. El dispositivo de compresión en esta realización comprende además un controlador de presión 20. Este controlador de presión controla el funcionamiento, por ejemplo, la velocidad de rotación, del compresor 37, y tiene un sensor de presión en la salida del dispositivo de compresión 22. Esto es para proporcionar al dispositivo de pretratamiento 3 la presión apropiada.
- 15 El dispositivo de pretratamiento 3 comprende en la realización de la figura 2 tres separadores de membrana 8, 8' y 8". Los separadores de membrana 8 y 8' se colocan en serie. El gas entrante comprimido se proporciona primero al separador de membrana 8. La fracción retenida del separador de membrana 8 se proporciona a un segundo separador de membrana 8'. La fracción retenida del separador de membrana 8' se proporciona en la presente a la salida 24 del dispositivo de pretratamiento.
- 20 El permeado del primer separador de membrana 8 se proporciona a un tercer separador de membrana 8". La fracción retenida del tercer separador de membrana 8" se hace recircular a la entrada del dispositivo de compresión 21. El permeado se retira del sistema. Es rico en CO<sub>2</sub> y se puede licuar en un sistema separado, liberado a la atmósfera. El permeado del segundo separador de membrana 8' se puede hacer recircular a la entrada del dispositivo de compresión 21. También puede o alternativamente salir del sistema como gas de purga, por ejemplo como gas combustible o para generar energía.
- 25 El dispositivo de licuefacción 4 comprende en esta realización un pre-enfriador 14. Este pre-enfriador 14 en la presente es un intercambiador de calor que usa gas de evaporación y/o gas de ebullición de la salida de gas de evaporación 32 o la salida del gas de ebullición 36. El dispositivo de licuefacción 4 además comprende un enfriador criogénico 9.
- 30 El dispositivo de decantación 5 en la realización de la figura 2 comprende primero un reductor de presión 10 para vaporizar gas en la entrada del dispositivo de decantación 28. El dispositivo de decantación comprende un decantador 11 que comprende un recipiente 12 en el que la entrada del dispositivo de decantación 28 se abre en el extremo de entrada del dispositivo de decantación. El recipiente 12 comprende además una salida de gas de evaporación 32 para liberar gas de evaporación. El recipiente 12 además comprende la salida del dispositivo de decantación 30, la salida del residuo de la suspensión 31. En la presente, la salida del residuo de la suspensión 31 está provista de una válvula, por ejemplo, una válvula basada en el tiempo. Cabe señalar que, en condiciones normales de funcionamiento, la cantidad de hielo y dióxido de carbono helado será relativamente baja en comparación por ejemplo con la cantidad de metano.
- 35 En funcionamiento, el sistema puede funcionar de la siguiente manera. Un fluido gaseoso entrante usualmente comprende al menos 50% en volumen de metano, tiene una presión entre 100 y 3.000 kPa y una temperatura entre 0 °C y 50 °C. Primero, la presión del fluido entrante se incrementa a una presión entre 1.000 y 5.000 kPa. Usando un inter-enfriador, generalmente la temperatura no aumenta significativamente. Usualmente, la temperatura permanecerá entre 0 °C y 50 °C.
- 40 A continuación, el fluido se somete a una etapa de pretratamiento mediante filtración con membrana. Aquí, se elimina gran parte del agua y el dióxido de carbono. Se encontró que la eliminación de estos componentes en esta etapa aumenta en gran medida la eficiencia del proceso. El contenido de dióxido de carbono usualmente será inferior a 2% en volumen, en particular inferior a 1% en volumen. Un contenido de agua usualmente estará por debajo de 10 ppm por volumen. Un contenido de metano generalmente será de al menos 85% en volumen en una salida de pretratamiento, en particular al menos 95% en volumen. De hecho, el dispositivo de pretratamiento o el dispositivo de membrana comprenden una entrada y una salida para el gas tratado acoplado en comunicación de fluido a la entrada del dispositivo de licuefacción. Además, el dispositivo de pretratamiento comprende una entrada para gas de evaporación/gas de barrido y una salida para el gas de evaporación/gas de barrido. Esto se proporciona en el lado de permeado de la membrana.
- 45 A continuación, se licuará el fluido. En la presente se utiliza un enfriador criogénico, por ejemplo, un enfriador criogénico Stirling. Ahora que gran parte del agua y el dióxido de carbono ya están eliminados, esto se puede realizar sin efectos perjudiciales y de manera eficiente. Usualmente, el enfriamiento y la condensación de dicho fluido se realizan a una temperatura entre -100 °C y -140 °C, y una presión entre 1.000 y 5.000 kPa.
- 50
- 55

- 5 A continuación, el fluido licuado y presurizado se somete a una etapa de decantación. El fluido se vaporiza instantáneamente en un recipiente. Usualmente, el fluido se libera por debajo de un nivel de metano líquido ya presente. Debido a la baja temperatura, el hielo y el dióxido de carbono mostrarán una floculación mínima y se hundirán en el fondo del recipiente en el que se vaporiza el fluido. En o justo por debajo de un nivel de líquido, se recuperará el metano purificado. En o cerca del fondo del recipiente, se recolectará y eliminará una suspensión en gran parte de hielo y dióxido de carbono helado. Cabe señalar que esta corriente o flujo será relativamente limitado. Ahora, el fluido tendrá una presión de entre 200 y 1.000 kPa (de acuerdo con la presión de entrada), una temperatura de entre -120 °C y -150 °C y una concentración de metano de al menos 85% en volumen, en particular al menos 98% en volumen.
- 10 A continuación, se presente una tabla que muestra los valores típicos del gas de entrada y del gas de salida que resultan de un sistema de la invención. Los niveles de N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> serán más altos cuando no haya purga del gas de evaporación y gas de ebullición del ciclo de reciclado.

Tabla: Ejemplo de composiciones gaseosas típicas para un sistema utilizado como una unidad integrada de tratamiento y licuefacción de biogás con alimentación de biogás crudo del gestor anaeróbico

|                  | Biogás como fluido entrante | Gas a la salida del dispositivo de pretratamiento | Gas licuado en almacenamiento |
|------------------|-----------------------------|---|-------------------------------|
| CH <sub>4</sub>  | 55-70% en mol               | 90-99% en mol                                     | 98-99% en mol                 |
| CO <sub>2</sub>  | 30-45% en mol               | 0,1-2,0% en mol                                   | 0,05% en mol                  |
| N <sub>2</sub>   | 0,2% en mol                 | 0,4% en mol                                       | 0,4% en mol                   |
| O <sub>2</sub>   | <0,1% en mol                | < 0,2% en mol                                     | < 0,2% en mol                 |
| H <sub>2</sub> O | Saturado                    | 1-3 ppm mol                                       | <1 ppm mol                    |
| Siloxanos        | < 15 mg/Nm <sup>3</sup>     | < 15 mg/Nm <sup>3</sup>                           | < 100 ppb mol                 |

- 15
- Ejemplo experimental**
- El experimento actual se llevó a cabo en un sitio de digestor de biomasa, montado para estudios científicos, que produce aproximadamente 50 Nm<sup>3</sup>/hr de biogás crudo. El biogás normalmente se convierte en electricidad en una unidad de Combinación de Calor y Energía (CHP). Para el experimento se utilizó un recipiente estándar de 20 ft, con un sistema de membrana de 3 etapas para mejorar el biogás para inyección en una red de gas natural. La unidad está diseñada para producir una corriente de salida de fracción retenida que contiene aproximadamente 2% en moles de CO<sub>2</sub> y un punto de rocío del agua de aproximadamente -70 °C a una presión de 1.500 kPa.

#### Primera etapa

- 25 En primer lugar, la unidad de membrana estándar se modificó mediante la adición de una 4ta etapa de membrana, que redujo la concentración de CO<sub>2</sub> en la corriente de salida a 0,1% en moles (1000 ppm), con aproximadamente 3% de nitrógeno y 96% en moles (bio) metano. Esta corriente se licuó a una presión de 1.500 kPa mediante un enfriador criogénico Stirling de 1 cilindro estándar. El metano líquido se dejó caer posteriormente a una presión de 300 kPa en un separador de 3 fases. El CO<sub>2</sub> sólido se asentó en el fondo cónico del separador de 3 fases, que fue visible a través de un endoscopio Storz. El CO<sub>2</sub> sólido se pudo eliminar del vaso abriendo brevemente la válvula inferior, que se registró con una cámara instalada en el endoscopio. El gas de evaporación del separador de 3 fases mostró una concentración extremadamente baja de CO<sub>2</sub> de <50 ppm. Esta corriente se recicló a través de un compresor CNG modificado a la alimentación y la velocidad de rotación del compresor controló la presión en el separador de 3 fases.

- 35 Se produjo una corriente de bio metano licuado (LBM) limpia, que contiene aproximadamente 0,06% en moles de CO<sub>2</sub>. Las composiciones de gases se midieron mediante un cromatógrafo de gases de 4 flujos, tipo ABB NGC8206. Los equipos mencionados anteriormente, que incluyen auxiliares como enfriadores de agua de enfriamiento y evaporadores, se instalaron en un recipiente estándar de 20 ft, ubicado junto al recipiente de 20 ft con el equipo de membrana.

#### Segunda fase

- 40 Durante la segunda fase del experimento, se retiraron los módulos de membrana de 4<sup>ta</sup> etapa previamente instalados, lo que equivale a una reducción del área total de la membrana en aproximadamente 40%. En efecto, se restauró la línea estándar de membrana de 3 etapas. Además, se realizó una nueva conexión de proceso entre los 2 recipientes, haciendo fluir el gas de evaporación desde el separador de 3 fases criogénico al lado de permeado

5 de la membrana de la 2ª etapa. Esta llamada línea de gas de barrido se puso en servicio y fue capaz de manejar todo el gas de evaporación proveniente del separador de 3 fases, que era visible como una presión constante en el separador de 3 fases de 300 kPa y el compresor de reciclado del gas de evaporación (CNG modificado) se detuvo completamente. La unidad de membrana estándar fue capaz de mejorar el biogás crudo a biometano, que contenía solo aproximadamente 0,05% en moles de CO<sub>2</sub>. Se comprobó que este gas es adecuado para la licuefacción con solo pequeñas cantidades de CO<sub>2</sub> sólido asentadas en el separador de 3 fases.

La siguiente tabla proporciona un panorama general de los resultados del experimento

|  | 1era fase del experimento | 2da fase del experimento     |
|--|---------------------------|------------------------------|
| Configuración de la unidad de membrana   | 4 etapas                  | 3 etapas                     |
| Línea de gas de evaporación a gas de barrido   | No                        | SI                           |
| Área de membrana total instalada   | 100%                      | 60%                          |
| Concentración de CO <sub>2</sub> a la salida de la unidad de membrana (= entrada del licuador) | 0,1% en mol               | 0,05% en mol                 |
| Línea de gas de evaporación  | Reciclado al licuador     | Gas de barrido a la membrana |
| Funcionamiento del compresor del gas de evaporación  | Sí                        | No                           |
| Contenido de CO <sub>2</sub> en biometano licuado  | 0,06% en mol              | 0,05% en mol                 |

10 En consecuencia, durante la 2ª fase del experimento con una membrana instalada más pequeña, fue posible eliminar el compresor del gas de evaporación y aún obtener un menor contenido de CO<sub>2</sub> con menos CO<sub>2</sub> sólido en el separador de 3 fases.

15 También será evidente que la descripción y los dibujos anteriores se incluyen para ilustrar algunas realizaciones de la invención, y no limitar el alcance de la protección. A partir de esta descripción, muchas más realizaciones serán evidentes para una persona experta. Estas realizaciones están dentro del alcance de la protección y la esencia de esta invención y son combinaciones obvias de técnicas del arte previo y la descripción de esta patente.

Números de referencia

- 1 sistema de licuefacción
- 2 dispositivo de compresión
- 20 3 dispositivo de pretratamiento
- 4 dispositivo de licuefacción
- 5 dispositivo de decantación
- 6 dispositivo de almacenamiento
- 7 dispositivo de fusión y acondicionamiento.
- 25 8,8', 8" separador de membrana
- 9 enfriador criogénico
- 10 reductor de presión
- 11 decantador
- 12 recipiente
- 30 13 enfriador de aire
- 14 pre-enfriador

- 15 calentador
- 16 controlador de temperatura para el calentador
- 17 controlador de presión para gas de purga
- 18 controlador de presión para salida de gas de evaporación
- 5 19 controlador de nivel para alimentación de línea del reductor de presión.
- 20 controlador de presión para separador de membrana
- 21 entrada del dispositivo de compresión
- 22 salida del dispositivo de compresión
- 23 entrada del dispositivo de pretratamiento
- 10 24 salida del pretratamiento.
- 25 entrada de dispositivo de licuefacción
- 26 salida del licuador
- 27 entrada del dispositivo reductor de presión
- 28 salida del dispositivo reductor de presión
- 15 29 entrada del dispositivo de decantación
- 30 salida de dispositivo de decantación
- 31 salida de residuos de suspensión
- 32 salida de gas de evaporación
- 33 entrada de dispositivo de almacenamiento
- 20 35 salida de dispositivo de almacenamiento
- 36 salida del gas de ebullición
- 37 compresor

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para procesar un fluido gaseoso, comprendiendo dicho procedimiento:
- 5
- proporcionar un fluido gaseoso entrante (21) que comprende al menos 50% en volumen de metano;
  - aumentar la presión (37) de dicho fluido gaseoso entrante;
  - licuar (4) una corriente (25) derivada del fluido gaseoso presurizado, comprendiendo dicha licuefacción el enfriamiento criogénico de dicha corriente a fluido licuado que tiene una temperatura entre -100 °C y -140 °C, una presión entre 1.000 y 5.000 kPa, y un contenido de metano de al menos 85% en volumen;
- 10
- vaporizar rápidamente dicho fluido licuado en un recipiente (12), recuperar de dicho recipiente (12):
    - un fluido líquido procesado (30) en un primer nivel del recipiente a una presión entre 100 y 1.000 kPa, una temperatura entre -120 °C y -160 °C y una concentración de metano de al menos 85% en volumen,
    - un flujo de suspensión (31) que comprende CO<sub>2</sub> sólido y agua helada en un segundo nivel del recipiente por debajo de dicho primer nivel del recipiente, y
    - una corriente de gas de evaporación (32) a un nivel por encima de dicho primer nivel del recipiente;
- 15
- caracterizado por**
- aumentar dicha presión de dicho fluido gaseoso entrante a entre 1.000 y 5.000 kPa;
  - antes de licuar dicha corriente derivada del fluido gaseoso presurizado, pretratar (3) dicho fluido gaseoso con mayor presión, comprendiendo dicho pretratamiento filtrar dicho fluido gaseoso mediante filtración de membrana a una fracción retenida (25) con una presión entre 1.000 y 5.000 kPa, una temperatura entre 0 °C y 50 °C, un contenido de dióxido de carbono entre 0,1 - 2% en volumen, un contenido de agua por debajo de 10 ppm en volumen y un contenido de metano de, al menos, 85% en volumen, siendo dicha fracción retenida la corriente derivada del fluido gaseoso presurizado que se licua;
  - proporcionar dicha corriente de gas de evaporación a dicha filtración de membrana como un gas de barrido en un lado del permeado en dicha filtración de membrana;
  - el líquido procesado se recupera del recipiente (12) en un dispositivo de almacenamiento (6).
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicho fluido vaporizado instantáneamente se libera en dicho recipiente por debajo de un nivel de fluido de dicho fluido líquido.
  3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, en el que dicho fluido entrante es un biogás.
  4. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de procedimiento anteriores, en el que una corriente de residuos de suspensión se recupera de dicho recipiente que contiene al menos 50% en peso de partículas de CO<sub>2</sub> sólido.
  5. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de procedimiento anteriores, en el que una corriente de gas de ebullición se recupera de dicho dispositivo de almacenamiento, y dicha corriente de gas de evaporación, dicha corriente de ebullición, o una combinación de estas se proporcionan en el contacto de intercambio de calor con dicho fluido antes del enfriamiento criogénico.
  6. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dicho gas de ebullición o una mezcla de dicho gas de ebullición y dicho gas de evaporación se proporciona a dicha filtración de membrana como un gas de barrido a una presión más baja y en el lado del permeado en dicha filtración de membrana.
  7. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de procedimiento anteriores, en el que dicha corriente de residuos de suspensión se calienta, funde y evapora (7), y posteriormente se combina con dicho fluido gaseoso entrante.

Fig. 1

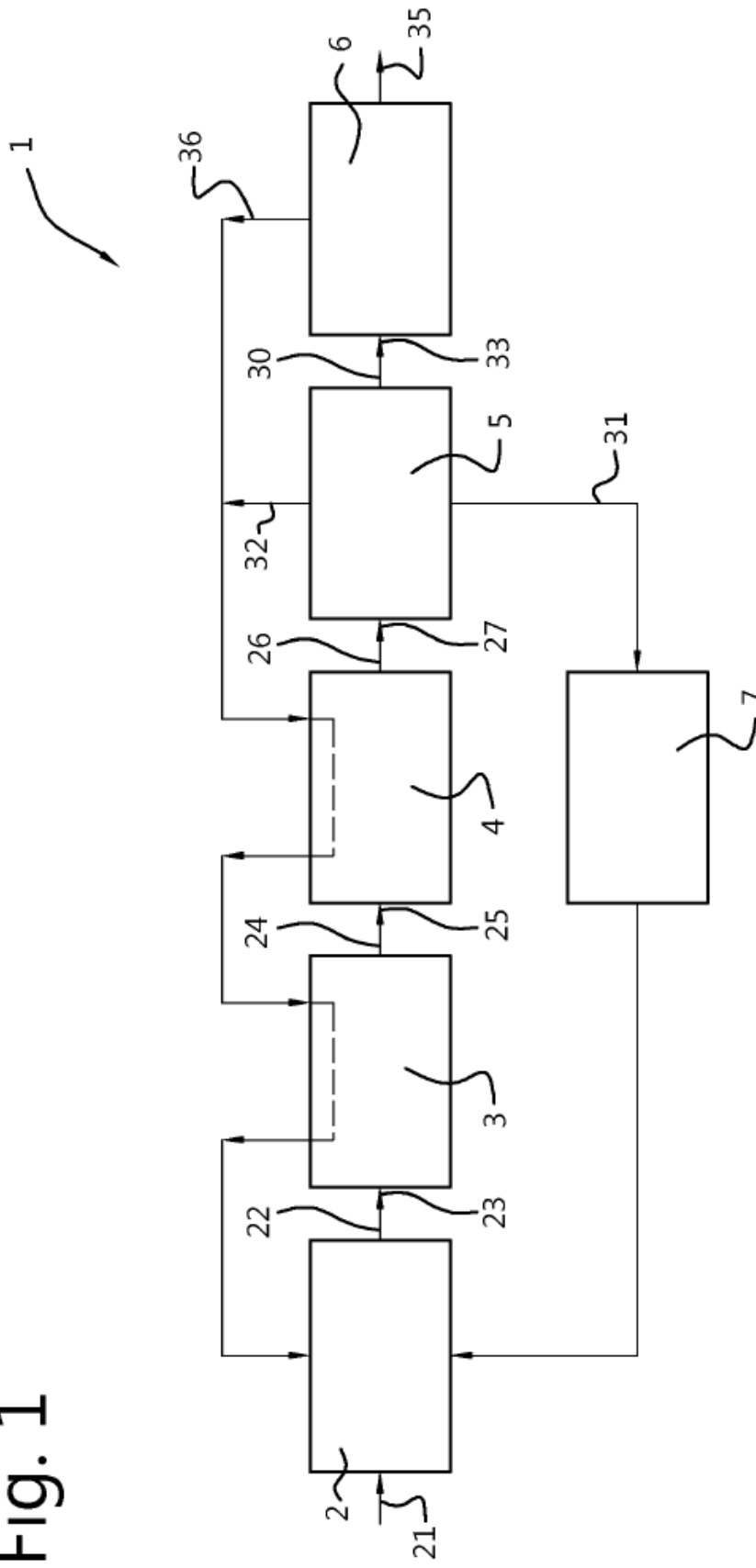


Fig. 2

