

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 952 245**

51 Int. Cl.:

F25J 1/00 (2006.01)

F25J 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2019** **E 19305446 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2023** **EP 3550238**

54 Título: **Procedimiento de licuefacción de metano gaseoso por vaporización de nitrógeno, instalación de licuefacción de gas metano que implementa este procedimiento**

30 Prioridad:

05.04.2018 FR 1852962

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.10.2023

73 Titular/es:

**WAGA ENERGY (100.0%)
5 Avenue Raymond Chanas
38320 Eybens, FR**

72 Inventor/es:

PRINCE, GUÉNAËL

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 952 245 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 de licuefacción de metano gaseoso por vaporización de nitrógeno, instalación de licuefacción de gas metano que implementa este procedimiento

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento de licuefacción de gas metano por vaporización de nitrógeno. También se refiere a una planta de licuefacción de gas metano que implementa el procedimiento.

Más específicamente, la presente invención se refiere a un procedimiento y una planta de licuefacción de un flujo de metano gaseoso, que contiene al menos un 80 por ciento molar de metano procedente de una fuente de metano, para producir un flujo de metano líquido, mediante un ciclo abierto utilizando un flujo de nitrógeno líquido procedente de una fuente fría de nitrógeno líquido.

- 10 La fuente de metano puede ser, por ejemplo, una red de transporte de gas natural, o un lugar de producción de biometano equipado con metanizadores, como algunas plantas de tratamiento de aguas residuales o algunos vertederos de residuos.

El término biometano se refiere al metano como fracción de los gases producidos por un procedimiento biológico de degradación de la materia orgánica en un medio anaeróbico.

- 15 La aparición de numerosos centros de producción de metano, y su alejamiento de las redes de transporte de gas natural, hace necesario desarrollar procedimientos de licuefacción para pequeños flujos de gas metano que tengan un bajo coste de inversión y sean fáciles de operar.

- 20 La licuefacción de un flujo de metano utilizando la entalpía de vaporización de un flujo de nitrógeno líquido, es decir, un procedimiento de licuefacción de metano gaseoso mediante la vaporización de nitrógeno, es un procedimiento bien conocido. Sin embargo, implica el consumo continuo de nitrógeno líquido, que se almacena en uno o varios depósitos, lo que limita el tamaño de estas instalaciones a flujos de metano de unas 10 toneladas diarias.

- 25 De hecho, por encima de este valor, es necesario rellenar los depósitos con frecuencia, lo que aumenta los costes de funcionamiento de la instalación. Para flujos de metano a licuar superiores a 10 toneladas diarias, existen plantas de del estado de la técnica con costes de inversión muy elevados debido a la presencia de máquinas rotativas como bombas, compresores o turbinas de expansión que participan en la circulación del fluido refrigerante.

Por tanto, un primer problema que la invención propone resolver es el de desarrollar un procedimiento y una instalación para la licuefacción de metano por vaporización de nitrógeno líquido, cuyos costes de inversión sean bajos y cuyo funcionamiento sea muy sencillo. En concreto, se trata de desarrollar una instalación lo más libre posible de máquinas rotativas, preferiblemente sin ninguna.

- 30 Para resolver estos problemas, el documento US 6 598 423 B1 describe un procedimiento para licuar un flujo de gas mediante la vaporización de nitrógeno líquido. El flujo de gas circula a través de un único intercambiador de alta presión, donde se licua en contacto con un flujo de nitrógeno líquido, que se vaporiza, recuperando las calorías del flujo de gas. Este procedimiento permite, por un lado, producir gas licuado y, por otro, llenar bombonas de gas nitrógeno.

- 35 Sin embargo, esta unidad para licuar un flujo de metano vaporizando nitrógeno líquido presenta varias dificultades.

Así, el flujo de metano procedente de la fuente de gas metano tiene, en la práctica, una presión superior a 1 bar absoluto. En estas condiciones, su temperatura mínima de licuefacción es de 111,5K. Sin embargo, el nitrógeno líquido que venden los proveedores está disponible a una única temperatura de 77K, que es inferior a la temperatura del punto triple del metano, que es de 90,7K.

- 40 Al condensar en un intercambiador dicho flujo de metano a una temperatura superior a 111,5K con un flujo de nitrógeno líquido a una temperatura de 77K directamente desde la fuente de nitrógeno líquido, se corre el riesgo de que el metano se enfríe por debajo de su temperatura de punto triple. Como resultado, se produciría metano sólido dentro del intercambiador, obstruyendo las tuberías del intercambiador y provocando la parada de la unidad de licuefacción por obstrucción de las tuberías.

- 45 Por otra parte, en estas condiciones, la diferencia de temperatura entre los dos flujos es de al menos 34,5K, valor que aumenta a medida que lo hace la presión del flujo de metano. Esta gran diferencia de temperatura induce fuertes tensiones mecánicas en las piezas del intercambiador, con riesgo de su debilitación y rotura.

- 50 Por consiguiente, un segundo problema que la invención se propone resolver es el de desarrollar un procedimiento y una instalación para la licuefacción del metano por vaporización de nitrógeno líquido, que no provoque la obstrucción de las tuberías y en el que la diferencia de temperatura entre los dos terminales de entrada y de salida de los intercambiadores se reduzca de tal manera que se limiten las tensiones mecánicas.

Para resolver este problema, el documento EP 1 030 135 A1 describe un procedimiento para enfriar un flujo de fluido caliente. El flujo de fluido caliente pierde sus calorías en un intercambiador, calorías que se transfieren a un flujo de

fluido intermedio. El flujo de fluido intermedio forma un bucle cerrado, y se enfría pasando por un intercambiador, en el que, al perder las calorías adquiridas en contacto con el flujo de fluido caliente, el fluido intermedio evapora un flujo de nitrógeno líquido. La naturaleza del flujo de fluido intermedio se elige de forma que su temperatura de vaporización sea inferior a la temperatura de enfriamiento o licuefacción del flujo de fluido caliente a enfriar, y de forma que su temperatura de condensación sea superior a la temperatura de evaporación del nitrógeno líquido. Así, mediante el uso de un fluido intermedio adecuado, el procedimiento evita la congelación del flujo de fluido caliente, ya que éste nunca está en contacto directo con el flujo de nitrógeno líquido.

Sin embargo, este procedimiento no resuelve el problema de la elevada diferencia de temperatura en los terminales de los intercambiadores de calor. Además, la instalación requiere una bomba para hacer circular el flujo de fluido caliente.

En el documento EP 3 026 379 A1, el flujo de gas metano pasa por un preenfriador hasta alcanzar su punto de rocío y, a continuación, por un intercambiador donde se licua. El intercambiador y el preenfriador están alimentados por un único circuito de gas nitrógeno en bucle abierto, lo que permite enfriar el flujo de gas metano y, a continuación, licuarlo mediante dos intercambios gas/gas. Este procedimiento ofrece por tanto una solución para evitar la solidificación del flujo a licuar, controlando la temperatura de condensación de dicho flujo mediante la adición de nitrógeno líquido. Sin embargo, tiene el inconveniente de requerir al menos una máquina rotativa, es decir, una bomba criogénica o un compresor criogénico. Estos equipos son muy caros y tienen intervalos de mantenimiento cortos. Por lo tanto, no cumplen el requisito de sencillez de funcionamiento, ni el de bajos costes de inversión y explotación de la instalación. Por otro lado, la energía transmitida a la máquina rotativa se transfiere íntegramente al flujo de gas nitrógeno, lo que tiene el efecto de reducir la eficiencia del procedimiento, ya que se requiere un consumo adicional de frío para equilibrar este aporte de energía, reduciendo la temperatura de dicho flujo. Por último, el uso de gas nitrógeno como refrigerante para la licuefacción del fluido implica una superficie de intercambio particularmente elevada dentro de los elementos de intercambio térmico, es decir, el preenfriador, el enfriador y el intercambiador, ya que los coeficientes de intercambio en fase gaseosa son inferiores a los coeficientes de intercambio para fluidos en fase líquida o bifásicos. Esto implica el uso de intercambiadores de grandes dimensiones, lo que aumenta el coste total de la instalación.

Un procedimiento de licuefacción de metano según el preámbulo de la reivindicación 1 es conocido por el documento DE-A-10 2010 044869.

El propósito de la presente invención es paliar los inconvenientes mencionados.

Para ello, el solicitante ha desarrollado un procedimiento de licuefacción de un flujo de gas que no requiere máquina rotativa, y que comprende dos intercambiadores sucesivos, combinados con un matraz separador de fases, minimizando las diferencias de temperatura en los terminales de estos intercambiadores, reduciendo así el riesgo de avería mecánica; y, por otra parte, evitando el riesgo de solidificación del flujo de gas a licuar, garantizando que la temperatura del nitrógeno que circula por los intercambiadores sea siempre superior a la temperatura del punto triple del flujo de gas a licuar.

Más específicamente, la invención se refiere a un procedimiento de licuefacción de un flujo de gas, en particular un flujo de gas metano, en el que:

- se suministra una fuente de gas metano que produce un flujo de gas metano a una temperatura T1 y una presión P1,
- se suministra una fuente de nitrógeno líquido, que produce un flujo de nitrógeno líquido, de presión P2 y cuya temperatura T2 es inferior a la temperatura del punto triple del metano,
- dentro de un primer intercambiador, el flujo de gas metano de temperatura T1 se enfría, a contracorriente, a una temperatura T3 correspondiente a la de su punto de rocío mediante intercambio térmico con un flujo de gas nitrógeno de temperatura T4 procedente de un matraz separador de fases,
- el flujo de gas metano a la temperatura T3 se transfiere a un segundo intercambiador a contracorriente,
- el flujo de nitrógeno líquido de temperatura T2 se transfiere desde la fuente de nitrógeno líquido al matraz separador de fases,
- en el matraz separador de fases se aplican una temperatura T4 superior a la temperatura del punto triple del metano y una presión P4, de modo que en el matraz están presentes una fase líquida de temperatura T4 que produce un flujo de nitrógeno líquido y una fase vapor de temperatura T4 que produce un flujo de nitrógeno gaseoso,
- en el segundo intercambiador, el flujo de metano gaseoso de temperatura T3 se licua para producir un flujo de metano líquido de temperatura T5, vaporizando el flujo de nitrógeno líquido de temperatura T4 para producir un flujo de nitrógeno vaporizado de temperatura T4,

- el flujo de nitrógeno vaporizado de temperatura T4 se transfiere al matraz separador.

Según la invención, el flujo de metano líquido de temperatura T5 se transfiere y luego se almacena en un tanque de almacenamiento, que contiene una fase de metano líquido y una fase de metano gaseoso; escapándose dicha fase de metano gaseoso de dicho tanque de almacenamiento formando un flujo de fuga de metano.

5 En una realización preferente:

- la presión P1 es de al menos 1 bar absoluto, preferiblemente 1,5 bares absolutos,
- la temperatura T1 está comprendida entre 270K y 320K, ventajosamente igual a 300K,
- la presión P2 es de al menos 6 bares absolutos, ventajosamente igual a 10 bares absolutos,
- la temperatura T2 está comprendida entre 75K y 85K, ventajosamente igual a 77K,
- 10 - la temperatura T3 está comprendida entre 11 OK y 130K, ventajosamente igual a 116,6K,
- la presión P4 está comprendida entre 4 y 6 bares absolutos, ventajosamente igual a 5 bares absolutos,
- la temperatura T4 está comprendida entre un valor estrictamente superior a 90,7 K y 100K, ventajosamente igual a 94K,
- la temperatura T5 está comprendida entre 110K y 120K, ventajosamente igual a 115K.

15 El Solicitante ha comprobado que el uso de un matraz separador de fases permite aumentar ventajosamente la temperatura del flujo de nitrógeno líquido de T2 a T4, evitando así la congelación del flujo de metano líquido y el taponamiento del segundo intercambiador, y evitando diferencias térmicas significativas entre los terminales del primer y el segundo intercambiadores.

20 De hecho, el procedimiento nunca implica un intercambio directo entre el flujo de nitrógeno líquido a temperatura T2 y el flujo de gas metano. Como resultado, los intercambiadores primero y segundo están sujetos a gradientes térmicos más bajos, lo que tiene el efecto de limitar las tensiones mecánicas a las que están expuestos y aumentar la vida útil de estos elementos.

Además, el matraz separador de fases también permite crear una circulación de nitrógeno a través de los distintos componentes, de tipo termosifón, evitando así el uso de una máquina rotativa.

25 Como se ha mencionado anteriormente, la presión P4 y la temperatura T4 presentes en el matraz separador de fases permiten la coexistencia del nitrógeno en el interior de este matraz en forma de dos fases, la fase líquida y la fase vapor, permitiendo dicho matraz la separación por gravedad de estas dos fases. La fase líquida en el matraz separador de fases es el origen del flujo de nitrógeno líquido a la temperatura T4. Este flujo sale del matraz separador por gravedad.

30 Al entrar en contacto con el flujo de gas metano de temperatura T3, el flujo de nitrógeno líquido de temperatura T4 absorbe las calorías del flujo de gas metano, lo que provoca la vaporización parcial del flujo de nitrógeno líquido para formar el flujo de nitrógeno vaporizado. Al cambiar parcialmente de estado, el flujo de nitrógeno vaporizado conserva la temperatura del flujo de nitrógeno a temperatura T4.

35 Como el segundo intercambiador y el matraz separador de fases están en equilibrio de nivel, el flujo de nitrógeno vaporizado se unirá de forma natural al matraz separador de fases, creando así una circulación de tipo termosifón que permite la mezcla del volumen de nitrógeno presente en el matraz separador de fases. Esto garantiza una mezcla satisfactoria del flujo de nitrógeno líquido de temperatura T2 introducido en el matraz con el nitrógeno e forma líquida y de vapor ya presente en el matraz a temperatura T4.

40 El nitrógeno de temperatura T2 recién introducido en el matraz pasa instantáneamente a la temperatura T4 debido a la mezcla, y por el suministro constante de calor por el flujo de nitrógeno vaporizado procedente del segundo intercambiador. Por lo tanto, no hay riesgo de enviar nitrógeno líquido demasiado frío al segundo intercambiador, eliminando así el riesgo de congelación del flujo de gas a licuar.

45 Por último, la fase vapor contenida en el matraz separador de fases, alimentada por la fracción de gas nitrógeno presente en el flujo de nitrógeno vaporizado, se drena continuamente en forma de flujo de gas nitrógeno de temperatura T4, con el fin de mantener una presión constante P4 en dicho matraz. Este flujo de gas nitrógeno se dirige entonces al primer intercambiador, donde capta las calorías del flujo de gas metano de temperatura T1, de modo que este último alcanza su punto de rocío de temperatura T3.

En una realización particular, la temperatura T4 se controla regulando la presión P4 dentro del matraz separador de fases. En la práctica, se utilizan conjuntamente un regulador de tipo PIC y una válvula limitadora del flujo de gas

nitrógeno.

Según otra característica para mantener el equilibrio de nivel entre el segundo intercambiador y el matraz separador de fases, el volumen de la fase de nitrógeno líquido de temperatura T4 contenido en el matraz separador de fases se mantiene regulando el flujo de nitrógeno líquido de temperatura T2 y presión P2 que entra en dicho matraz.

- 5 Según la invención, el flujo de metano líquido de temperatura T5 se transfiere y luego se almacena en un tanque de almacenamiento, que contiene una fase de metano líquido y una fase de metano gaseoso; escapándose dicha fase de metano gaseoso de dicho tanque de almacenamiento formando un flujo de fuga de metano.

10 También según la invención, el flujo de fuga de metano de temperatura T5 se dirige al primer intercambiador, en contracorriente con el flujo de gas metano de temperatura T1, y en cocorriente con el flujo de gas nitrógeno de temperatura T4, contribuyendo así a enfriar dicho flujo de gas metano.

En la hipótesis en que el metano a licuar no es suficientemente puro, se reduce el contenido de impurezas del flujo de gas metano entre la fuente de gas metano y el primer intercambiador.

Esto se consigue purificando el gas metano haciéndolo pasar a través de al menos un adsorbedor, que preferentemente se regenera mediante el flujo de gas nitrógeno procedente del primer intercambiador.

- 15 Otro objeto de la invención es una instalación según la reivindicación 6 que implementa el procedimiento descrito anteriormente.

La invención y sus ventajas resultantes se pondrán de manifiesto en el siguiente ejemplo, apoyado por la figura adjunta.

La figura 1 es una representación esquemática de una instalación según la invención.

- 20 Se dispone de un flujo de gas metano (1) procedente de una fuente de gas metano a una presión P1 igual a 1,5 bares absolutos y una temperatura T1 igual a 300K.

También se dispone de una fuente de nitrógeno líquido almacenado en un tanque (22) que suministra un flujo de nitrógeno líquido (10, 12) con una presión P2 igual a 10 bares absolutos, y una temperatura T2 igual a 77K.

- 25 El flujo de gas metano (1) de temperatura T1 se introduce en un primer intercambiador (2), donde se refrigera contra contracorriente de un flujo de gas nitrógeno (16) de temperatura T4, hasta alcanzar una temperatura T3, correspondiente a la temperatura de su punto de rocío.

En este ejemplo, la temperatura T3 es igual a 116,6K, y la temperatura T4 es igual a 94K, lo que corresponde a una presión P4 de 5 bares absolutos.

El flujo de gas metano (3) sale de este primer intercambiador (2) a su temperatura de rocío

- 30 T3, y se dirige a un segundo intercambiador (4). En este segundo intercambiador (4), la mayor parte del flujo de metano gaseoso (3) de temperatura T3 se licua produciendo un flujo de metano líquido (5) de temperatura T5, vaporizando un flujo de nitrógeno líquido (14) de temperatura T4 procedente de un matraz separador (13) produciendo un flujo de nitrógeno vaporizado (15) de temperatura T4.

- 35 A continuación, este flujo de metano líquido (5) se dirige y se introduce en el tanque de almacenamiento (6). Las evaporaciones de este tanque de almacenamiento (6), también conocidas como "Boil Off Gas", así como la fracción residual de gas presente en el flujo de metano líquido (5), escapan del tanque de almacenamiento (6) formando un flujo de fuga de metano (8).

Este flujo de fuga de metano (8) se dirige e introduce en el intercambiador de calor (2) a contracorriente, con el fin de recuperar la entalpía fría de este fluido para enfriar el flujo de gas metano (3), junto con el flujo de gas nitrógeno (16).

- 40 La temperatura T5 es ventajosamente 115K.

El flujo de nitrógeno líquido (10, 12) de temperatura T2 y presión P2 procedente de la fuente de nitrógeno líquido se introduce en el matraz separador de fases (13) dentro del cual reinan la temperatura T4 y la presión P4. La temperatura T4 depende directamente de la presión P4. Estas condiciones de presión y temperatura inducen la presencia de dos fases en el interior de dicho matraz separador (13): una fase líquida que produce el flujo de nitrógeno líquido (14) de temperatura T4, y una fase vapor que produce el flujo de nitrógeno gaseoso (16) de temperatura T4.

- 45 El volumen de la fase líquida del matraz separador (13) se mantiene constante actuando sobre una válvula (11) que limita el flujo de nitrógeno líquido (10) para formar el flujo de nitrógeno líquido (12), según la consigna enviada por un regulador de nivel LIC (20) instalado en dicho matraz separador (13).

- 50 El flujo de nitrógeno líquido (12) de temperatura T2 se mezcla en el matraz separador (13) con el flujo de nitrógeno

vaporizado (15), y por equilibrio entálpico, la temperatura de mezcla obtenida es 94K.

El flujo de nitrógeno líquido (14) de temperatura T4 sale del matraz separador (13) por gravedad y se introduce en el segundo intercambiador (4), donde absorbe calor del flujo de gas metano de temperatura T3.

5 Al hacerlo, se vaporiza parcialmente y pierde densidad formando el flujo de nitrógeno vaporizado (15), compuesto por nitrógeno líquido y nitrógeno parcialmente vaporizado, a la misma temperatura T4, lo que permite su salida del intercambiador. A continuación, el flujo de nitrógeno vaporizado (15) se introduce en el matraz separador (13). La fracción de gas nitrógeno contenida en el flujo de nitrógeno vaporizado (15) alimenta la fase vapor contenida en el matraz separador (13) manteniendo su temperatura T4.

10 Para mantener una presión constante P4 en el matraz separador (13), el flujo de gas nitrógeno (16) de temperatura T4 es evacuado del matraz separador (13), para ser introducido en el intercambiador (2), donde intercambiará calor sensible con el flujo de gas metano (1).

El flujo de gas metano (17) que sale del intercambiador (2) se utiliza para regular la presión dentro del matraz separador (13) mediante un regulador de presión PIC (21) que actúa sobre una válvula (18) situada en la tubería por la que circula dicho flujo de gas metano (17).

15 La invención y sus ventajas resultantes se desprenden claramente de la descripción anterior. En particular, la ausencia de máquinas rotativas hace que la instalación sea una instalación de bajo coste. Además, la presencia de dos intercambiadores sucesivos, combinada con un matraz separador de fases, permite minimizar las diferencias de temperatura en los terminales de estos intercambiadores, reduciendo así el riesgo de rotura mecánica. Por otra parte, ya no hay riesgo de solidificación del flujo de gas a licuar, ya que la temperatura del nitrógeno que circula por
20 los intercambiadores es siempre superior a la temperatura del punto triple del flujo de gas a licuar.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de licuefacción de gas metano en el que:

- se suministra una fuente de gas metano que produce un flujo de gas metano a una temperatura T_1 y una presión P_1 ,
- 5 - se proporciona una fuente de nitrógeno líquido, que produce un flujo de nitrógeno líquido, de presión P_2 y cuya temperatura T_2 es inferior a la temperatura del punto triple del metano,
- dentro de un primer intercambiador, el flujo de gas metano 10 de temperatura T_1 se enfría a contracorriente hasta una temperatura T_3 correspondiente a la de su punto de rocío mediante intercambio térmico con un flujo de gas nitrógeno de temperatura T_4 procedente de un matraz separador de fases,
- 10 - el flujo de gas metano a la temperatura T_3 se transfiere a un segundo intercambiador a contracorriente,
- el flujo de nitrógeno líquido de temperatura T_2 se transfiere desde la fuente de nitrógeno líquido al matraz separador de fases,
- en el matraz separador de fases se aplican una temperatura T_4 superior a la temperatura del punto triple del metano y una presión P_4 , de modo que en el matraz están presentes una fase líquida de temperatura T_4 que produce un flujo de nitrógeno líquido y una fase vapor de temperatura T_4 que produce un flujo de nitrógeno gaseoso,
- 15 - en el segundo intercambiador, el flujo de metano gaseoso de temperatura T_3 se licua para producir un flujo de metano líquido de temperatura T_5 , vaporizando el flujo de nitrógeno líquido de temperatura T_4 para producir un flujo de nitrógeno vaporizado de temperatura T_4 ,
- 20 - el flujo de nitrógeno vaporizado de temperatura T_4 se transfiere al matraz separador,
- el flujo de metano líquido de temperatura T_5 se transfiere y luego se almacena en un tanque de almacenamiento, que contiene una fase de metano líquido y una fase de metano gaseoso; dicha fase de metano gaseoso escapa de dicho tanque de almacenamiento formando un flujo de fuga de metano, caracterizado porque
- 25 - el flujo de fuga de metano de temperatura T_5 se dirige al primer intercambiador a contracorriente del flujo de gas metano de temperatura T_1 , y a cocorriente del flujo de gas nitrógeno de temperatura T_4 , contribuyendo así a enfriar dicho flujo de gas metano.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la temperatura T_4 se mantiene dentro del matraz separador de fases regulando la presión P_4 dentro de dicho matraz.

- 30 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el volumen de la fase de nitrógeno líquido de temperatura T_4 se mantiene dentro del matraz separador de fases regulando el flujo de nitrógeno líquido de temperatura T_2 y presión P_2 que entra en dicho matraz.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se reduce el contenido de impurezas del flujo de gas metano entre la fuente de gas metano y el primer intercambiador.

- 35 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque:

- la presión P_1 es de al menos 1 bar absoluto, ventajosamente igual a 1,5 bares absolutos,
- la temperatura T_1 está comprendida entre 270K y 320K, ventajosamente igual a 300K,
- la presión P_2 es de al menos 6 bares absolutos, ventajosamente igual a 10 bares absolutos,
- la temperatura T_2 está comprendida entre 75K y 85K, ventajosamente igual a 77K,
- 40 - la temperatura T_3 está comprendida entre 110K y 130K, ventajosamente igual a 116.6K,
- la presión P_4 está comprendida entre 4 y 6 bares absolutos, ventajosamente igual a 5 bares absolutos,
- la temperatura T_4 está comprendida entre un valor estrictamente superior a 90,7 K y 100K, ventajosamente igual a 94K,
- la temperatura T_5 está comprendida entre 110K y 120K, ventajosamente igual a 115K.

6. Instalación que implementa el procedimiento según las reivindicaciones 1 a 5 para la producción de metano líquido y que comprende:

- una fuente de gas metano de temperatura T1 y presión P1 ;
- una fuente de nitrógeno líquido (22) de temperatura T2 y presión P2 ;
- 5 - un matraz separador de fases (13) conectado a la fuente de nitrógeno líquido (22) de temperatura T2 y presión P2;
- un tanque de almacenamiento (6) conectado a la salida de metano líquido de un segundo intercambiador (4) y que contiene una fase de metano líquido y una fase de metano gaseoso; escapando dicha fase de metano gaseoso de dicho tanque de almacenamiento formando un flujo de fuga de metano;
- 10 - un primer intercambiador (2) por el que circula el flujo de gas metano (1) de temperatura T1 y presión P1 a contracorriente con un flujo de gas nitrógeno (16) de temperatura T4 procedente del matraz separador (13) y a contracorriente con el flujo de fuga de metano de la temperatura T5;
- segundo intercambiador a contracorriente (4) en el que entran el flujo de metano gaseoso (3) de temperatura T3 y el flujo de nitrógeno líquido (14) de temperatura T4 procedentes del matraz separador (13), y de donde proviene el flujo de metano líquido (5) de temperatura T5 y el flujo de nitrógeno vaporizado (15) de temperatura T4;
- 15 - una válvula (18) situada aguas abajo del primer intercambiador (2) en la dirección de circulación del flujo de gas nitrógeno (16, 17) para regular la presión P4 dentro del matraz separador de fases (13);
- una válvula (11) situada aguas abajo de la fuente de nitrógeno líquido (22) en la dirección de circulación del flujo de nitrógeno líquido (10, 12) de temperatura T2 para regular el volumen de la fase líquida dentro del matraz separador de fases (13).
- 20

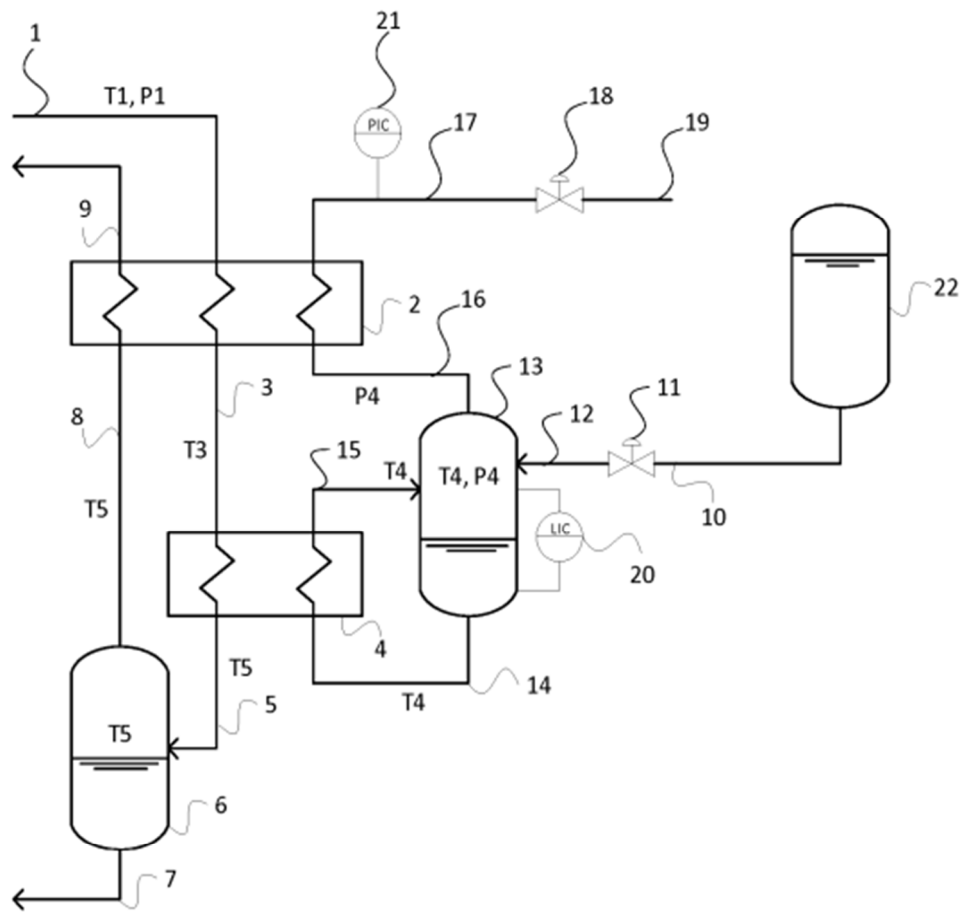


Fig. 1