

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 743**

51 Int. Cl.:

F25J 1/02 (2006.01)

F25J 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2006 PCT/FR2006/002273**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.04.2007 WO07042662**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2006 E 06820179 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018 EP 1946026**

54 Título: **Procedimiento de tratamiento de una corriente de GNL obtenida por enfriamiento por medio de un primer ciclo de enfriamiento e instalación asociada**

30 Prioridad:

10.10.2005 FR 0510329

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

27.04.2018

73 Titular/es:

**TECHNIP FRANCE SA (100.0%)
6-8, Allée de l'Arche Faubourg de l'Arche ZAC
Danton
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

PARADOWSKI, HENRI

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 665 743 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 tratamiento de una corriente de GNL obtenida por enfriamiento por medio de un primer ciclo de enfriamiento e instalación asociada

5

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de una corriente de GNL obtenida por enfriamiento por medio de un primer ciclo de enfriamiento, siendo el procedimiento del tipo que comprende las siguientes etapas:

10 (a) se introduce la corriente de GNL llevada a una temperatura inferior a -100 °C en un primer intercambiador térmico; (b) se subenfía la corriente de GNL en el primer intercambiador térmico por intercambio térmico con un fluido refrigerante para formar una corriente de GNL subenfriada; y (c) el fluido refrigerante se somete a un segundo ciclo de enfriamiento semi-abierto, independiente del primer ciclo.

15 **[0002]** Se conoce del documento US-B-6 308 531 un procedimiento del tipo mencionado anteriormente, en el que se licua una corriente de gas natural usando un primer ciclo de enfriamiento que implementa la condensación y la vaporización de una mezcla de hidrocarburos. La temperatura del gas obtenido es de aproximadamente -100 °C. Acto seguido, se subenfía el GNL producido hasta aproximadamente -170 °C usando un segundo ciclo de enfriamiento de tipo denominado "ciclo de Brayton inverso" semi-abierto que comprende un compresor de etapas y una turbina de expansión de gas.

20

[0003] Dicho procedimiento no es una solución plenamente satisfactoria. De hecho, el rendimiento máximo del ciclo denominado de Brayton inverso se limita a aproximadamente 40 %. Además, su funcionamiento en ciclo semi-abierto es difícil de implementar.

25

[0004] El artículo "High efficiency 6MTPA LNG Train Design Via Two Different Mixed Refrigerant Processes" XP009052299 describe un procedimiento de tratamiento que comprende específicamente las etapas (a) a (g) definidas en la reivindicación 1.

30 **[0005]** Sin embargo, este procedimiento no comprende las siguientes etapas:

- la corriente de fluido refrigerante comprimida procedente del segundo intercambiador térmico se separa en una corriente de enfriamiento principal y en la corriente de subenfriamiento de GNL;

- la corriente de enfriamiento principal se expande esencialmente hasta la presión baja en una turbina principal,

35 - la corriente de subenfriamiento de GNL procedente del primer intercambiador térmico después de la expansión forma una corriente esencialmente líquida de subenfriamiento de GNL;

- la corriente esencialmente líquida de subenfriamiento se vaporiza en el primer intercambiador térmico para formar la corriente de subenfriamiento calentada;

40 - la corriente de subenfriamiento procedente de la turbina principal se mezcla con la corriente de subenfriamiento calentada para formar una corriente de mezcla;

- la corriente de mezcla se calienta sucesivamente en el tercer intercambiador térmico, luego en el segundo intercambiador térmico para formar la corriente de fluido refrigerante calentada que se comprime posteriormente en el compresor de etapas.

45 **[0006]** Un objeto de la invención es por lo tanto disponer de un procedimiento autónomo de tratamiento de una corriente de GNL, que presenta un rendimiento mejorado y que puede implementarse fácilmente en unidades de estructuras diversas.

[0007] A tal fin, la invención tiene por objeto un procedimiento según la reivindicación 1.

50

[0008] El procedimiento según la invención puede comprender una o más características de las reivindicaciones 2 a 10.

[0009] La invención también tiene por objeto una instalación según la reivindicación 11.

55

[0010] La instalación según la invención puede comprender una o más características de las reivindicaciones 12 a 19.

[0011] Ejemplos de implementación de la invención se describirán ahora con referencia a los dibujos adjuntos,

en los que:

- la Figura 1 es un esquema sinóptico funcional de una primera instalación según la invención;
 - la Figura 2 es un gráfico que representa las curvas de eficiencia del segundo ciclo de enfriamiento de la instalación
 - 5 de la Figura 1, en función de la temperatura de GNL a la entrada del primer intercambiador;
 - la Figura 3 es un esquema similar al de la Figura 1 de una segunda instalación según la invención;
 - la Figura 4 es un esquema similar al de la Figura 1 de una tercera instalación según la invención; y
 - la Figura 5 es un esquema similar al de la Figura 1 de una cuarta instalación según la invención.
- 10 **[0012]** La primera instalación de subenfriamiento 9 según la invención, representada en la Figura 1, está destinada a la producción, a partir de una corriente de gas natural licuado (GNL) inicial 11 llevada a una temperatura inferior a -90 °C, de una corriente de GNL desnitrógeno 13. La instalación 9 también produce una corriente de gas combustible 16 rica en nitrógeno.
- 15 **[0013]** Como ilustra la Figura 1, la corriente de GNL inicial 11 es producida por una unidad de licuefacción de gas natural 15 que comprende un primer ciclo de enfriamiento 17. El primer ciclo 17 consta por ejemplo de un ciclo que comprende medios de condensación y de vaporización de una mezcla de hidrocarburos.
- [0014]** La instalación 9 comprende un primer intercambiador térmico de subenfriamiento 19, un segundo ciclo de enfriamiento semi-abierto 21, independiente del primer ciclo 17 y una unidad de desnitrógeno 23.
- [0015]** El segundo ciclo de enfriamiento 21 comprende un aparato de compresión de etapas 25 que consta de una pluralidad de etapas de compresión 27. Cada etapa 27 comprende un condensador 29 y un refrigerante 31.
- 25 **[0016]** El segundo ciclo 21 comprende además un segundo intercambiador térmico 33, un tercer intercambiador térmico 35, una válvula de expansión 37 y un compresor auxiliar 39 acoplado a una turbina principal de expansión 41. El segundo ciclo 21 también comprende un refrigerante auxiliar 43.
- [0017]** En el ejemplo representado en la Figura 1, el aparato de compresión de etapas 25 comprende cuatro
- 30 compresores 29. Los cuatro compresores 29 son accionados por la misma fuente de energía exterior 45. La fuente 45 es por ejemplo un tipo de motor turbina de gas.
- [0018]** Los refrigerantes 31 y 43 son enfriados con agua y/o aire.
- 35 **[0019]** La unidad de desnitrógeno 23 comprende una turbina hidráulica intermedia 47 acoplada a un generador de corriente 48, una columna de destilación 49, un intercambiador térmico de parte superior de columna 51 y un intercambiador térmico de parte inferior de columna 53. Comprende además una bomba de evacuación 55 de GNL desnitrógeno 13.
- 40 **[0020]** En lo que sigue, se designará con una misma referencia una corriente de líquido y la dirección que la transporta, las presiones consideradas son presiones absolutas y los porcentajes considerados son porcentajes molares.
- [0021]** La corriente de GNL inicial 11 procedente de la unidad de licuefacción 15 está a una temperatura inferior
- 45 a -90 °C, por ejemplo, a -130 °C. Esta corriente 11 comprende por ejemplo esencialmente 5 % de nitrógeno, 90 % de metano, 5 % de etano y su caudal es de 50.000 kmol/h.
- [0022]** La corriente de GNL 11 se introduce en el primer intercambiador térmico 19, en el que se subenfriaba hasta una temperatura de -150 °C para producir una corriente de GNL subenfriado 57.
- 50 **[0023]** La corriente 57 se introduce entonces en la turbina hidráulica 47 y se expande dinámicamente hasta una presión baja, para formar una corriente expandida 59. Esta corriente 59 es esencialmente líquida, es decir, que contiene menos de 2 % en mol de gas. La corriente 59 se enfría en el intercambiador térmico de parte inferior 53, acto seguido se introduce en una válvula de expansión 61, donde se forma una corriente de alimentación 64 de la columna
- 55 49.
- [0024]** La corriente 64 se introduce en la parte superior de la columna de destilación 49, a una presión baja de destilación. La presión baja de destilación es ligeramente superior a la presión atmosférica. En este ejemplo, esta presión es 1,25 bar, y la temperatura de la corriente 64 es de aproximadamente -165 °C.

- 5 **[0025]** Una corriente complementaria de gas natural 63, esencialmente con la misma composición que la corriente de GNL inicial 11 se enfría en el intercambiador de cabeza 51, a continuación, se expande en una válvula 65 y se mezcla con la corriente de GNL subenfriada expandida 59 aguas arriba de la válvula 61.
- 10 **[0026]** Una corriente de ebullición 68 se extrae de la columna 49 en una etapa intermedia Ni, situada cerca del fondo de esta columna. La corriente 68 se introduce en el intercambiador 53, donde se calienta por intercambio térmico con la corriente de GNL subenfriada expandida 59 antes de reintroducirse en la columna 49 por debajo del nivel intermedio Ni.
- 15 **[0027]** Una corriente de parte inferior líquida 67 que contiene menos de 1 % de nitrógeno se extrae de la columna 49. Esta corriente de parte inferior 67 se bombea por la bomba 55 para formar la corriente de GNL desnitrogenado 13 destinada a enviarse a un almacenamiento.
- 20 **[0028]** Una corriente de cabeza gaseosa 69, que contiene cerca de 50 % de nitrógeno, se extrae de la columna de destilación 49. Esta corriente 69 se calienta por intercambio térmico con la corriente complementaria 63 en el intercambiador de cabeza 51 para formar una corriente de cabeza calentada 71. Esta corriente 71 se introduce en la primera etapa 27A del aparato de compresión 25.
- 25 **[0029]** La corriente de cabeza calentada 71 se comprime sucesivamente en la primera etapa 27A y en la segunda etapa 27B del compresor 25 hasta esencialmente una presión baja de ciclo PB, a continuación se comprime en la tercera etapa de compresión 27C antes de introducirse en la cuarta etapa de compresión 27D. En cada etapa 27 del compresor, la corriente de cabeza 71 se somete a una compresión en el compresor 29 seguido de un enfriamiento a una temperatura de aproximadamente 35 °C en el refrigerante 31 asociado.
- 30 **[0030]** Una primera parte 16 de la corriente de cabeza comprimida en la cuarta etapa de compresión 27D se extrae del compresor 29D, a una presión intermedia PI, para formar la corriente de gas combustible.
- [0031]** La presión intermedia PI es por ejemplo superior a 20 bares, y de manera preferente esencialmente igual a 30 bares. La presión baja de ciclo PB es por ejemplo inferior a 20 bares.
- [0032]** Una segunda parte 73 de la corriente de cabeza continúa su compresión en el compresor 29D hasta una presión media esencialmente igual a 50 bares para formar una corriente de fluido refrigerante inicial.
- 35 **[0033]** La corriente 73 se enfría en el intercambiador 31D y después se introduce en el compresor auxiliar 39.
- [0034]** El caudal de corriente de fluido refrigerante inicial 73 es muy superior al caudal de la corriente de gas combustible 16. La relación entre los dos caudales es, en este ejemplo, esencialmente igual a 6,5.
- 40 **[0035]** La corriente 73 se comprime entonces en el compresor 39 hasta una presión alta de ciclo PA. Esta presión alta está comprendida entre 40 y 100 bares, preferentemente entre 50 y 80 bares y, ventajosamente, entre 60 y 75 bares.
- [0036]** La corriente 73 procedente del compresor 39 forma, tras pasar por el refrigerante 43, una corriente de fluido refrigerante comprimida 75. La corriente de cabeza 69 contiene menos de 5 % en masa de hidrocarburos C_2^+ , de modo que la corriente 75 es puramente gaseosa. Cuando la presión alta es superior a aproximadamente 60 bar, la corriente 75 es un fluido supercrítico.
- 45 **[0037]** La corriente 75 se enfría a continuación en el segundo intercambiador térmico 33 y se separa a la salida de este intercambiador 33 en una corriente minoritaria de subenfriamiento de GNL 77 y una corriente mayoritaria de enfriamiento principal 79. La relación de estos dos caudales es del orden de 0,5.
- 50 **[0038]** La corriente de subenfriamiento 77 se enfría en el tercer intercambiador 35, después en el primer intercambiador 19 para formar una corriente de subenfriamiento enfriada 81. La corriente 81 se expande hasta la presión baja de ciclo PB en la válvula 37, de donde sale la forma de una corriente de subenfriamiento esencialmente líquida 83, es decir que contiene menos de 10 % en mol de gas.
- 55 **[0039]** La corriente 83 se introduce entonces en el primer intercambiador 19, donde se vaporiza y se enfría por

intercambio térmico de la corriente 81 y de la corriente de GNL inicial 11, para formar, a la salida del primer intercambiador 19, una corriente de subenfriamiento calentada 85.

[0040] La corriente principal gaseosa 79 se expande en la turbina 41 hasta esencialmente la presión baja de ciclo PB y se mezcla con la corriente calentada 85 procedente del primer intercambiador 19 para formar una corriente de mezcla 87. La corriente de mezcla 87 se introduce a continuación sucesivamente en el tercer intercambiador 35, después en el segundo intercambiador 33, donde se enfría por la relación de intercambio térmico, respectivamente la corriente de subenfriamiento 77 y la corriente de fluido refrigerante comprimida 75.

10 **[0041]** La corriente de mezcla calentada 89 procedente del intercambiador 33 se introduce entonces en el aparato de compresión 25 a la entrada de la tercera etapa de compresión 27C, esencialmente a la presión baja PB.

[0042] A modo de ilustración, los valores de presión, temperaturas y caudales en el caso donde la presión alta de ciclo PA es esencialmente igual a 75 bares se dan en la siguiente tabla.

15

TABLA 1

Corriente	Temperatura °C	Presión (bar)	Caudal (kmol/h)
11	-130,0	49,1	50.000
13	-161,1	5,3	46.724
16	67,0	30,0	4.876
57	-150,0	49,0	50.000
59	-150,7	5,0	50.000
63	-34,0	50,0	1.600
64	-164,9	1,3	51.600
67	-161,1	1,2	46.724
69	-165,2	1,2	4.876
71	-48,6	1,2	4.876
73	124,0	50,9	31.768
75	35,0	74,7	31.768
77	-38,2	74,2	11.496
79	-38,2	74,2	20.272
81	-150,0	73,6	11.496
83	-155,2	11,0	11.496
85	-132,0	10,9	11.496
87	-130,3	10,9	31.768
89	34,38	10,7	31.768

[0043] En la Figura 2, la curva de eficiencia 91 del ciclo 21 en el procedimiento según la invención se representa en función del valor de temperatura de la corriente de GNL 11. Como ilustra esta Figura, los rendimientos son superiores al 44 %, lo que constituye una ganancia significativa en relación con los procedimientos del estado de la técnica que implica un ciclo denominado de Brayton inverso semi-abierto.

20 **[0044]** Este resultado se obtiene de una manera sencilla, ya que no es necesario proporcionar medios de almacenamiento y de preparación de un fluido refrigerante, el fluido refrigerante 73 se suministra de forma continua mediante la instalación 9.

[0045] El procedimiento y la instalación 9 de la presente invención se utilizan ya sea en unidades de licuefacción nuevas o para mejorar los rendimientos de las unidades de producción de GNL existentes. En este último caso, con un consumo eléctrico igual, la producción de GNL desnitrogenado puede aumentarse de 5 % a 20 %. El procedimiento y la instalación 9 según la invención se pueden usar también para subenfriar y desnitrogenar GNL producido en los procedimientos de extracción de líquidos de gas natural (LGN).

30 **[0046]** La instalación 99 representada en la Figura 3 difiere de la primera instalación 9 en que la válvula de expansión 37 situada aguas abajo del primer intercambiador se sustituye con una turbina de expansión dinámica 101 acoplada a un generador de corriente 103.

[0047] El procedimiento de tratamiento de la corriente de GNL en esta instalación es por lo demás idéntico al procedimiento aplicado en la instalación 9, con valores numéricos próximos.

- [0048]** En una variante representada en líneas discontinuas en la Figura 3, una corriente de etano 92 se mezcla con la corriente de mezcla calentada 89, antes de su introducción en la tercera etapa de compresión 27C.
- 5 **[0049]** La eficiencia del ciclo 21 se aumenta entonces adicionalmente, como ilustra la curva 93 de la Figura 2.
- [0050]** La tercera instalación según la invención 104 se representa en la Figura 4. Esta instalación 104 difiere de la segunda instalación 99 en que comprende además un tercer ciclo de enfriamiento cerrado 105, independiente de los primer y segundo ciclos 17 y 21.
- 10 **[0051]** El tercer ciclo 105 consta de un compresor secundario 107, de primer y segundo refrigerantes secundarios 109A y 109B, una válvula de expansión 111 y un depósito separador 113.
- [0052]** Este ciclo se aplica usando una corriente de fluido refrigerante secundaria 115 constituida de propano. 15 La corriente gaseosa 115 con baja presión se introduce en el compresor 107, después se enfría y se condensa a alta presión en los refrigerantes 109A y 109B para formar una corriente 117 de propano parcialmente líquido. Esta corriente 117 se enfría en el intercambiador 33 y después se introduce en la válvula de expansión 111, donde se expande y forma una corriente difásica de propano expandido 119.
- 20 **[0053]** La corriente 119 se introduce en el depósito separador 113 para formar una fracción líquida 121 extraída de la parte inferior del depósito 113. La fracción 121 se introduce en el intercambiador 33, en el que se vaporiza por intercambio térmico con la corriente 117 y con la corriente de fluido refrigerante comprimida 75 antes de introducirse en el depósito 113.
- 25 **[0054]** La fracción gaseosa procedente de la parte superior del depósito 113 forma la corriente de propano gaseoso 115.
- [0055]** Como ilustra la curva 123 de la Figura 2, la eficiencia del ciclo 21 se aumenta así pues un 4 % en promedio con respecto a la eficiencia del procedimiento implementado en la primera instalación 9.
- 30 **[0056]** La cuarta instalación 25 según la invención 125, representada en la Figura 5, difiere de la representada en la Figura 4 en que el tercer ciclo refrigerante 105 está desprovisto de depósito separador 113. La corriente 119 procedente de la válvula 111 se introduce directamente en el segundo intercambiador 33 y se vaporiza completamente en este intercambiador.
- 35 **[0057]** Además, el fluido refrigerante 115 se compone de una mezcla de etano y propano. El contenido de etano en el fluido 115 es esencialmente igual al contenido de propano.
- [0058]** Como ilustra la curva 126 de la Figura 2, la eficiencia media del segundo ciclo de enfriamiento se 40 aumenta aproximadamente un 0,5 % en relación con la eficiencia del procedimiento implementado en la tercera instalación 104 cuando la temperatura es inferior a -130 °C. Teniendo en cuenta la energía producida por la turbina 47, el rendimiento global de la instalación de la Figura 5 es ligeramente superior a 50 %, frente a aproximadamente 47,5 % para la Figura 1, 47,6 % para la Figura 3 y 49,6 % para la Figura 4.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de una corriente de GNL (11) obtenida por enfriamiento por medio de un primer ciclo de enfriamiento (17), siendo el procedimiento del tipo que comprende las siguientes etapas:
- 5 (a) se introduce la corriente de GNL (11) llevada a una temperatura inferior a -100 °C en un primer intercambiador térmico (19);
 (b) se subenfria la corriente de GNL (11) en el primer intercambiador térmico por intercambio térmico con un fluido refrigerante (83) para formar una corriente de GNL subenfriada (57); y
 10 (c) el fluido refrigerante (83) se somete a un segundo ciclo de enfriamiento semi-abierto (21), independiente del primer ciclo (15),
 (d) se expande dinámicamente la corriente de GNL subenfriada (57) en una turbina intermedia (47) manteniendo esta corriente esencialmente en el estado líquido;
 (e) se enfría y se expande la corriente (59) procedente de la turbina intermedia (47), después se introduce en una
 15 columna de destilación (49);
 (f) se recupera una corriente de GNL desnitrógeno (67) en la parte inferior de la columna (49) y una corriente de gas (69) en la parte superior de la columna (49); y
 (g) se comprime la corriente de gas de cabeza (69) en un compresor de etapas (25), y se extrae, en una etapa de presión intermedia (29D) del compresor (25), una primera parte (16) de la corriente de gas de cabeza (69) llevada a
 20 una presión intermedia PI para formar una corriente de gas combustible;
- el segundo ciclo de enfriamiento (21) consta de las siguientes etapas:
- (i) se forma una corriente de fluido refrigerante inicial (73) a partir de una segunda parte del gas de cabeza (69)
 25 comprimido a la presión intermedia PI;
 (ii) se comprime la corriente de fluido refrigerante inicial (73) hasta una presión alta PA superior a la presión intermedia PI para formar una corriente de fluido refrigerante comprimido (75);
 (iii) se enfría la corriente de fluido refrigerante comprimido (75) en un segundo intercambiador térmico (33);
 (iv) se separa la corriente de fluido refrigerante comprimido (75) procedente del segundo intercambiador térmico (33)
 30 en una corriente de enfriamiento principal (79) y una corriente de subenfriamiento de GNL (77);
 (v) se enfría la corriente de subenfriamiento (77) en un tercer intercambiador térmico (35), después en el primer intercambiador térmico (19);
 (vi) se expande la corriente de subenfriamiento (81) procedente del primer intercambiador térmico (19) hasta una
 35 presión baja PB inferior a la presión intermedia PI para formar una corriente esencialmente líquida (83) de subenfriamiento de GNL;
 (vii) se vaporiza la corriente esencialmente líquida de subenfriamiento (83) en el primer intercambiador térmico (19) para formar una corriente de subenfriamiento calentada (85);
 (viii) se expande la corriente de enfriamiento principal (79) esencialmente hasta la presión baja PB en una turbina principal (41) y se mezcla la corriente de enfriamiento procedente de la turbina principal (41) con la corriente de
 40 subenfriamiento calentada (85) para formar una corriente de mezcla (87);
 (ix) se calienta la corriente de mezcla (87) sucesivamente en el tercer intercambiador térmico (35), acto seguido en el segundo intercambiador térmico (33) para formar una corriente de mezcla calentada (89); y
 (x) se introduce la corriente de mezcla calentada (89) en el compresor (25) a una etapa de presión baja (29C) situado
 45 aguas arriba de la etapa de presión intermedia (29D).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la presión alta PA está comprendida entre aproximadamente 40 y 100 bares, preferentemente entre aproximadamente 50 y 80 bares y en particular entre aproximadamente 60 y 75 bares.
- 50 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la presión baja PB es inferior a aproximadamente 20 bares.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, durante la etapa (vi), se expande de forma dinámica la corriente de subenfriamiento (81) procedente del primer intercambiador
 55 térmico (19) en una turbina de expansión de líquido (101).
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, durante la etapa (ii), se comprime al menos parcialmente la corriente de fluido refrigerante inicial (73) en un compresor auxiliar (39) acoplado a la turbina principal (41).

6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, durante la etapa (i), se introduce una corriente de hidrocarburos C_2 (92) en el compresor (25) para formar una parte de la corriente de fluido refrigerante inicial (73).
- 5 7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, durante la etapa (iii), se vincula la corriente de fluido refrigerante comprimido (75) en intercambio térmico con un fluido refrigerante secundario (117) que circula en el segundo intercambiador térmico (33), el fluido refrigerante secundario (117) se somete a un tercer ciclo de enfriamiento (105) en el que se comprime a la salida del segundo intercambiador térmico (33), se enfría y se condensa al menos parcialmente, luego se expande antes de que se vaporice en el segundo
10 intercambiador térmico (33).
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el fluido refrigerante secundario (117) comprende propano y opcionalmente etano.
- 15 9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** antes de la expansión de la etapa (e), se mezcla la corriente procedente de la turbina intermedia (47) con una corriente complementaria (63) de gas natural enfriado por intercambio térmico con la corriente de gas de cabeza (69) en un cuarto intercambiador térmico (51).
- 20 10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el contenido de C_2^+ del gas de cabeza (69) es tal que la corriente enfriada por el segundo intercambiador térmico (33) es puramente gaseosa.
11. Instalación (9; 99; 104; 125) de tratamiento de una corriente de GNL (11) obtenida por enfriamiento por
25 medio de un primer ciclo de enfriamiento (17), siendo la instalación (9; 99; 104; 125) del tipo que comprende:
- medios de subenfriamiento de la corriente de GNL (11) que comprende un primer intercambiador térmico (19) para vincular la corriente de GNL en intercambio térmico con un fluido refrigerante (83); y
 - un segundo ciclo de enfriamiento semi-abierto (21), independiente del primer ciclo (15),
 - 30 - una turbina intermedia (47) de expansión dinámica de la corriente de GNL subenfriada (57) procedente del primer intercambiador térmico (19);
 - medios (53, 61) de enfriamiento y expansión de la corriente (59) procedente de la turbina intermedia (47),
 - una columna de destilación (49) conectada a los medios de enfriamiento y expansión (53, 61);
 - medios de recuperación de una corriente de GNL desnitrogenado (67) en la parte inferior de la columna (49), y
 - 35 medios de recuperación de una corriente de gas (69) en la parte superior de la columna (49);
 - un compresor de etapas (25) conectado a los medios de recuperación de la corriente de gas de cabeza (69) de la columna (49); y
 - medios de extracción de una primera parte (16) de la corriente de gas de cabeza (69) utilizados en una etapa de presión intermedia (29D) del compresor (25) para formar una corriente de gas combustible;
 - 40 el segundo ciclo de enfriamiento (21) consta de
 - medios de formación de una corriente de fluido refrigerante inicial (73) a partir de una segunda parte de gas de cabeza (69) comprimida a la presión intermedia;
 - medios (39) de compresión de la corriente de fluido refrigerante inicial (73) hasta una presión alta PA superior a la presión intermedia PI para formar una corriente de fluido refrigerante comprimida (75);
 - 45 - un segundo intercambiador térmico (33) para enfriar la corriente de fluido refrigerante comprimida (75);
 - medios de separación de la corriente de fluido refrigerante comprimida (75) procedente del segundo intercambiador térmico (33) en una corriente de enfriamiento principal (79) y una corriente de subenfriamiento de GNL (77);
 - un tercer intercambiador térmico (35) para enfriar la corriente de subenfriamiento (77);
 - medios de introducción de la corriente de subenfriamiento (77) procedente del tercer intercambiador térmico (35) en
 - 50 el primer intercambiador térmico (19);
 - medios (37; 101) de expansión de la corriente de subenfriamiento (81) procedente del primer intercambiador térmico (19) hasta una presión baja PB inferior a la presión intermedia PI para formar una corriente esencialmente líquida de subenfriamiento del GNL (83);
 - medios de circulación de la corriente esencialmente líquida de subenfriamiento (83) en el primer intercambiador
 - 55 térmico para formar una corriente de subenfriamiento calentada (85);
 - una turbina principal (41) de expansión de la corriente de enfriamiento principal (79) esencialmente hasta la presión baja PB;
 - medios de mezcla de la corriente de enfriamiento procedente de la turbina principal (41) con la corriente de subenfriamiento calentada (85) para formar una corriente de mezcla (87);

- medios de circulación de la corriente de mezcla (87) sucesivamente en el tercer intercambiador térmico (35), acto seguido en el segundo intercambiador térmico (33) para formar una corriente de mezcla calentada (89);
 - medios de introducción de la corriente de mezcla calentada (89) en el compresor (25) en una etapa de presión baja (29C) situado aguas arriba de la etapa de presión intermedia (29D).

5

12. Instalación (9; 99; 104; 125) según la reivindicación 11, **caracterizada porque** la presión alta PA está comprendida entre aproximadamente 40 y 100 bares, preferentemente entre aproximadamente 50 y 80 bares y en particular entre aproximadamente 60 y 75 bares.

10 13. Instalación (9; 99; 104; 125) según una de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizada porque** la presión baja PB es inferior a aproximadamente 20 bares.

14. Instalación (99; 104; 125) según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizada porque** los medios (37; 101) de expansión de la corriente de subenfriamiento (81) procedente del primer intercambiador
 15 térmico (19) comprenden una turbina de expansión de líquido (101).

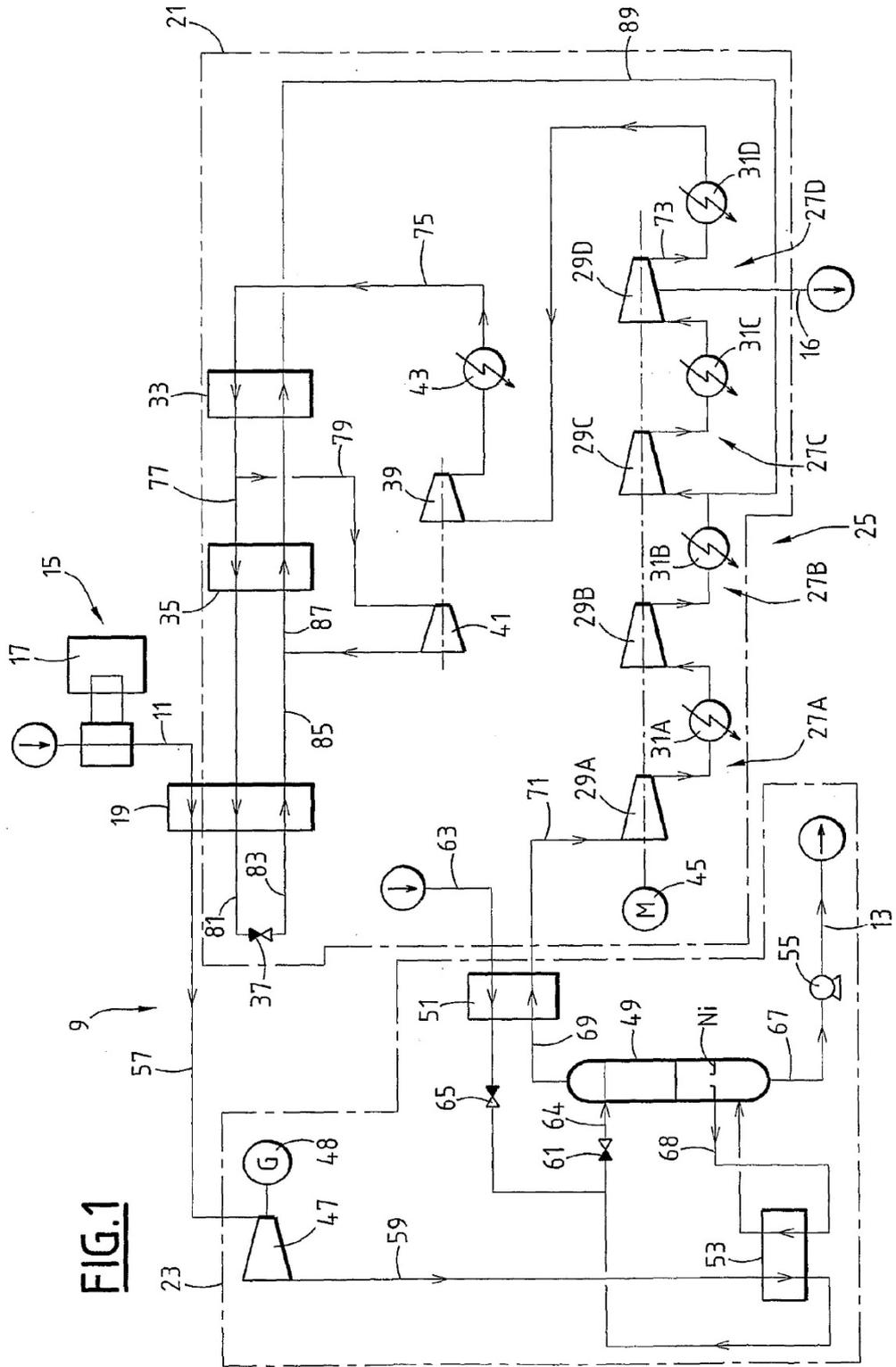
15. Instalación (9; 99; 104; 125) según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, **caracterizada porque** los medios (39) de compresión de la corriente de fluido refrigerante inicial (73) comprenden un compresor
 20 auxiliar (39) acoplado a la turbina principal (41).

16. Instalación (99) según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, **caracterizada porque** el segundo ciclo de enfriamiento (21) comprende medios de introducción de una corriente de hidrocarburos (92) en el compresor (25) para formar una parte de la corriente de fluido refrigerante inicial (73).

25 17. Instalación (104; 125) según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, **caracterizada porque** el segundo intercambiador térmico (33) comprende medios de circulación de un fluido refrigerante secundario (117), la instalación (104; 125) que comprende un tercer ciclo de enfriamiento (105) consta de medios secundarios (107) de compresión del fluido refrigerante secundario (115) procedente del tercer intercambiador térmico (35), medios secundarios de enfriamiento y expansión (109, 111) del fluido refrigerante secundario (117) procedente de los medios
 30 secundarios de compresión (107), y medios de introducción del fluido refrigerante secundario (119) procedente de los medios de expansión secundarios (111) en el segundo intercambiador térmico (33).

18. Instalación (104; 125) según la reivindicación 17, **caracterizada porque** el fluido refrigerante secundario (117) comprende propano y opcionalmente etano.
 35

19. Instalación (9; 99; 104; 125) según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, **caracterizada porque** comprende medios de mezcla de la corriente de GNL subenfriada (59) con una corriente complementaria de gas natural (63), y un cuarto intercambiador térmico (51) para vincular la corriente complementaria (63) en intercambio térmico con la corriente de gas de cabeza (69).



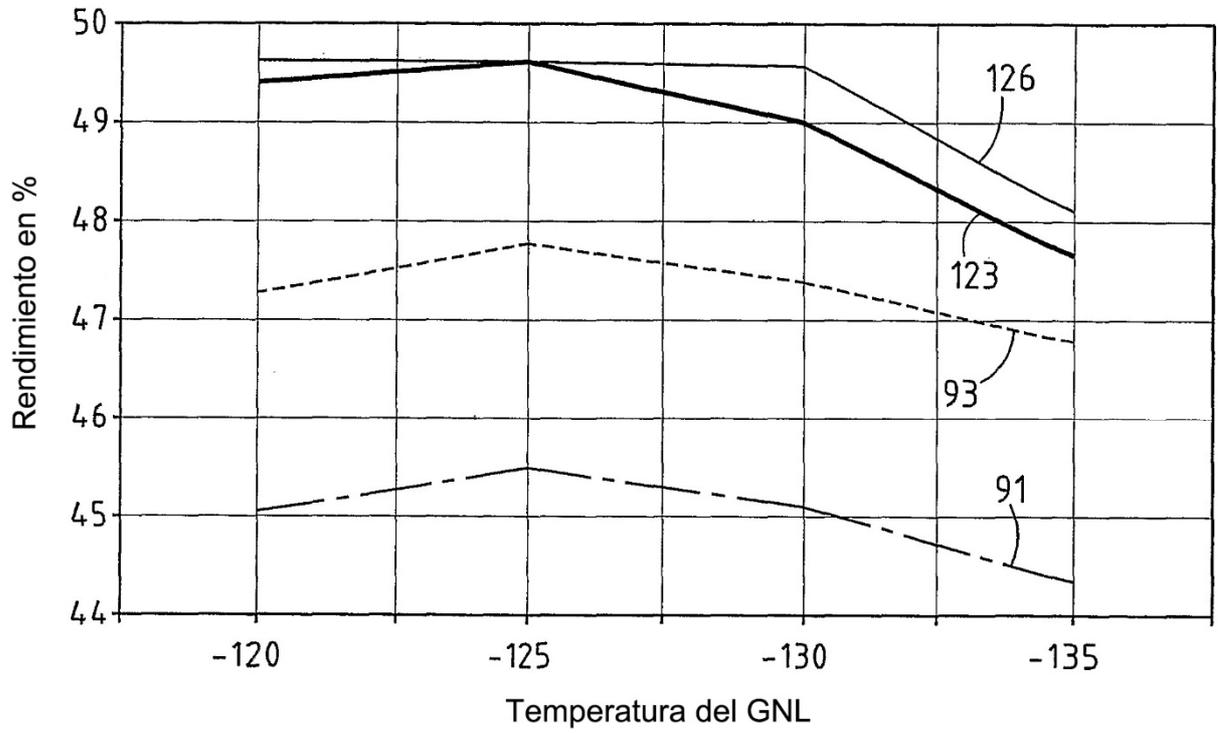


FIG.2

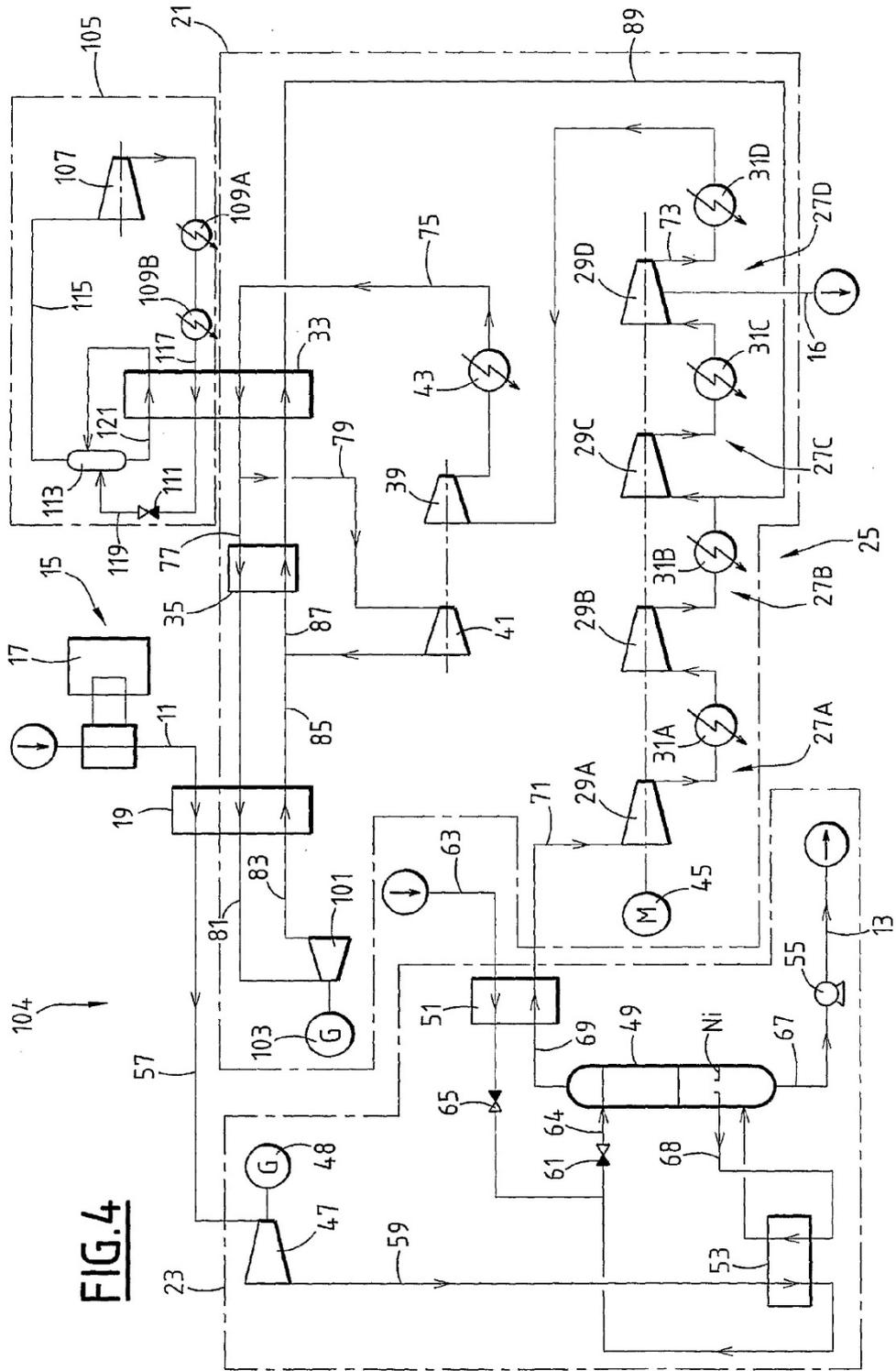


FIG. 4

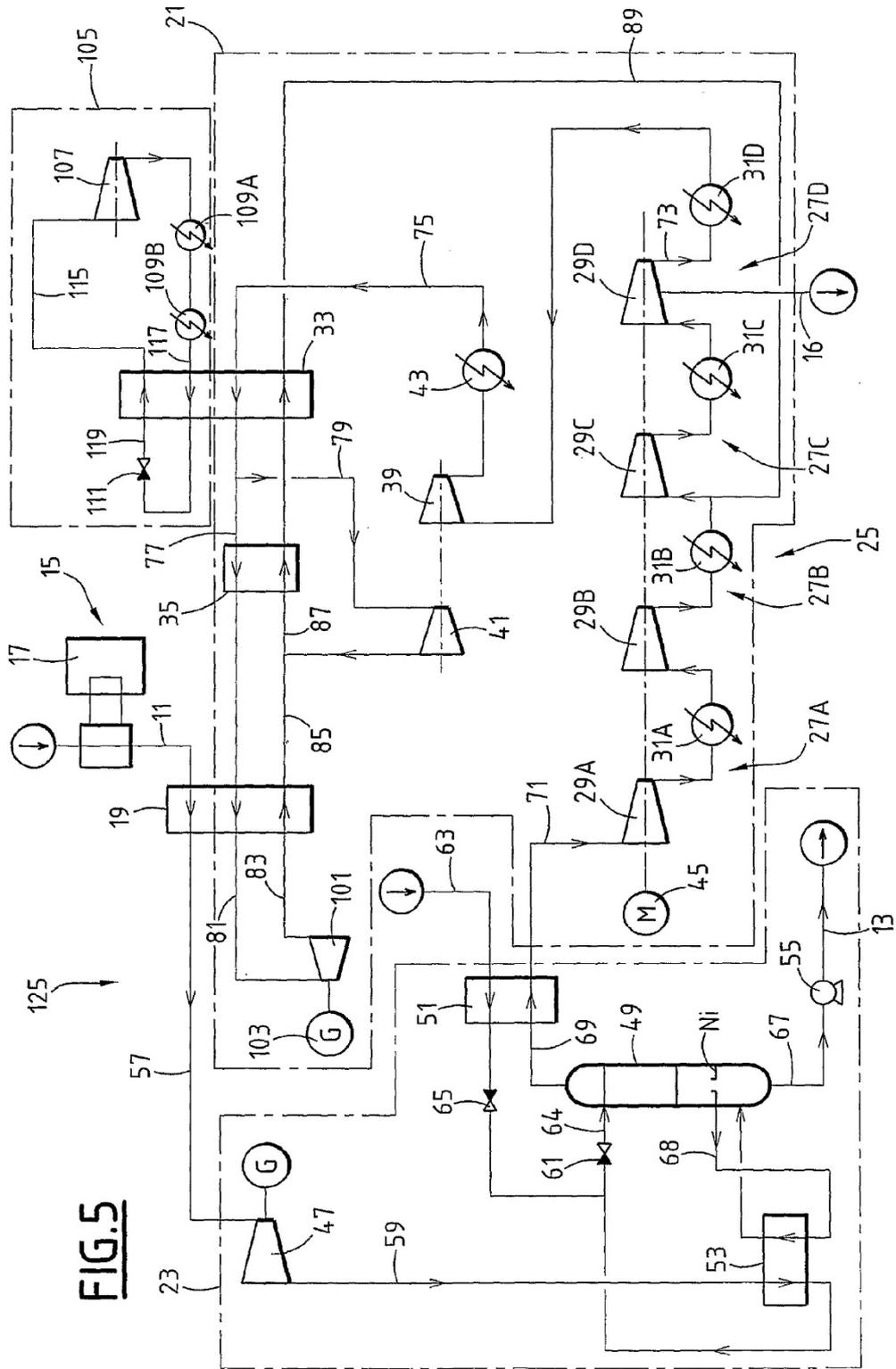


FIG. 5