

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 212**

51 Int. Cl.:

F25J 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.02.2015 PCT/US2015/016484**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15134192**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2015 E 15758867 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 3114419**

54 Título: **Suministro de refrigerante a una instalación de refrigeración**

30 Prioridad:

04.03.2014 US 201461947626 P
18.02.2015 US 201514625022

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.02.2019

73 Titular/es:

CONOCOPHILLIPS COMPANY (100.0%)
600 North Dairy Ashford
Houston, TX 77079, US

72 Inventor/es:

DAVIES, PAUL R. y
HARRIS, JAMES L.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 702 212 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

Suministro de refrigerante a una instalación de refrigeración

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a la licuefacción de gas natural y, en particular, a sistemas y métodos para suministrar refrigerantes a una instalación natural licuada.

Antecedentes de la invención

10 El transporte de gas natural en su forma licuada puede vincular efectivamente una fuente de gas natural con un mercado distante cuando la fuente y el mercado no están conectados por una tubería. Esta situación surge comúnmente cuando la fuente de gas natural y el mercado para el gas natural están separados por grandes masas de agua. En tales casos, el gas natural licuado (LNG) puede transportarse desde la fuente hasta el mercado utilizando buques cisterna transoceánicos para LNG especialmente diseñados.

15 Típicamente, un suministro de refrigerante se suministra a una instalación de LNG desde tanques presurizados. El almacenamiento de alta presión presenta numerosas cuestiones de seguridad que pueden presentar retos, por ejemplo, al localizar tal almacenamiento en instalaciones costeras con restricciones de espacio en materia de solares e instalaciones marítimas en las que el espacio es limitado.

El documento US5791160A divulga un método según el preámbulo de la reivindicación 1 para suministrar refrigerantes a una instalación de LNG en la que no hay más de un refrigerante y se intercambia calor entre refrigerantes antes de que los refrigerantes se transfieran a ciclos de refrigeración independientes de un proceso de refrigeración de LNG.

20 En los documentos EP2466235A1 y US2010/293996A1 se describen procedimientos similares.

Sumario de la invención

Un primer aspecto de la presente invención es un aparato según la reivindicación 1.

Un segundo aspecto de la presente invención es un método según la reivindicación 2.

25 Una forma de realización de un sistema para suministrar refrigerantes a una instalación de gas natural licuado (LNG) incluye: un primer conducto en comunicación de fluido con un primer dispositivo de almacenamiento configurado para almacenar un primer refrigerante, teniendo el primer refrigerante una primera temperatura; un segundo conducto en comunicación de fluido con un segundo dispositivo de almacenamiento configurado para almacenar un segundo refrigerante, teniendo el segundo refrigerante una segunda temperatura diferente de la primera temperatura; un intercambiador de calor configurado para recibir el primer refrigerante del primer conductor y recibir el segundo refrigerante del segundo conducto, estando configurado el intercambiador de calor para transferir calor entre el primer refrigerante y el segundo refrigerante; una primera trayectoria de flujo configurada para hacer avanzar el primer refrigerante hacia la instalación de LNG; y una segunda trayectoria de flujo configurada para hacer avanzar el segundo refrigerante hacia la instalación de LNG; en el que el primer refrigerante tiene un primer punto de ebullición, el segundo refrigerante tiene un segundo punto de ebullición, siendo el primer punto de ebullición mayor que el segundo punto de ebullición, y la primera temperatura es mayor que la segunda temperatura, comprendiendo además el sistema un conjunto de control de temperatura configurado para recibir el primer refrigerante del intercambiador de calor y controlar la temperatura del primer refrigerante.

Breve descripción de los dibujos

40 La invención, junto con otras ventajas de la misma, puede entenderse mejor con referencia a la siguiente descripción tomada en conjunción con las figuras que se acompañan a modo de ejemplo y no a modo de limitación, en la cual las figuras 1-3 muestran ejemplos de procedimientos que no son de acuerdo con la presente invención y las figuras 4-11 muestran realizaciones de la presente invención, más específicamente en las que:

La figura 1 es una visión de conjunto simplificada de una realización de una instalación de LNG de tipo cascada;

La figura 2 es un diagrama esquemático de una realización de una instalación de LNG de tipo cascada;

45 La figura 3 es un diagrama esquemático de una realización de un sistema para suministrar refrigerantes a un sistema de refrigeración tal como la instalación de LNG de tipo cascada de la figura 1 y/o la figura 2;

La figura 4 es un diagrama esquemático de una realización de una parte del sistema de la figura 3 que incluye componentes para la carga en línea de un refrigerante;

La figura 5 es un diagrama esquemático de una realización de una parte del sistema de la figura 3 que incluye

componentes para la carga en línea de un refrigerante;

La figura 6 es un diagrama esquemático de una realización de una parte del sistema de la figura 3 que incluye componentes para la primera carga de múltiples refrigerantes;

5 La figura 7 es un diagrama esquemático de una parte del sistema de la figura 3 que incluye componentes para el primer llenado con un refrigerante gaseoso;

La figura 8 es un diagrama esquemático de una parte del sistema de la figura 3 que incluye componentes para el primer llenado con un refrigerante líquido;

La figura 9 es un diagrama esquemático de una parte del sistema de la figura 3 que incluye componentes para el primer llenado con un refrigerante gaseoso;

10 La figura 10 es un diagrama esquemático de una parte del sistema de la figura 3 que incluye componentes para el primer llenado con un refrigerante líquido; y

La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método de suministrar refrigerantes a una instalación de LNG u otro sistema de refrigeración.

Descripción detallada

15 Las realizaciones de sistemas, aparatos y métodos se describen aquí para cargar componentes de un sistema o instalación de refrigeración, tal como una instalación de producción de gas natural licuado (LNG) con fluidos refrigerantes. Tales realizaciones permiten transferir refrigerantes líquidos a una instalación de LNG desde un almacenamiento de baja presión (es decir, menor que la presión del refrigerante en la instalación de LNG durante el funcionamiento) y controlar la temperatura del refrigerante durante la transferencia, por ejemplo, para evitar el choque térmico debido a la introducción de los refrigerantes en la instalación de LNG. Por ejemplo, los refrigerantes se transmiten o se transfieren desde tanques de almacenamiento de refrigerante que almacenan refrigerantes a aproximadamente la presión atmosférica.

20 Las realizaciones aquí descritas están configuradas para uso con cualquier instalación de procesamiento terrestre o marítima que requiere la transferencia de refrigerantes. Las realizaciones son útiles para aplicaciones flotantes en las que el almacenamiento de refrigerante presurizado es difícil de localizar por razones de seguridad y son útiles también para plantas costeras en las que las restricciones de espacio en materia de solares hacen difícil el almacenamiento presurizado. Por ejemplo, los sistemas de suministro de refrigerante aquí descritos pueden disponerse sobre un barco o buque transportador de LNG que incluye diversos sistemas o componentes de tratamiento. Los sistemas de tratamiento a modo de ejemplo incluyen un sistema de bombeo y recepción de gas natural, un sistema de pretratamiento (por ejemplo, mercurio, gas ácido y retirada de agua), un sistema de licuefacción de gas natural y sistemas de almacenamiento y suministro de refrigerante.

25 En una realización, un sistema de suministro acoplado a una instalación de LNG está configurado para suministrar al menos dos refrigerantes que tienen diferentes puntos de ebullición. Un sistema de suministro a modo de ejemplo está acoplado a una fuente de un primer refrigerante líquido que presenta un primer punto de ebullición (por ejemplo, propano) y una fuente de un segundo refrigerante líquido que presenta un segundo punto de ebullición inferior (por ejemplo, etileno). El sistema incluye un intercambiador de calor u otro dispositivo configurado para transferir calor entre los refrigerantes, por ejemplo desde el primer refrigerante hasta el segundo refrigerante para incrementar la temperatura del segundo refrigerante a un nivel deseado. Se controla la transferencia de calor para vigilar la temperatura del segundo refrigerante, y puede utilizarse también para controlar el primer refrigerante, elevar o controlar de otra manera la temperatura del segundo refrigerante que se introduce en una unidad de refrigeración en la instalación de LNG. En una realización, se incluye un conjunto de control de temperatura para controlar la temperatura del primer refrigerante cuando el primer refrigerante se transfiere desde el intercambiador de calor hasta una unidad de refrigeración en la instalación de LNG.

30 Un ejemplo del sistema de suministro incluye una configuración en cascada que utiliza un refrigerante relativamente caliente tal como propano para calentar un refrigerante más frío tal como etileno, y un fluido de calentamiento (por ejemplo, glicol) u otra fuente de calor para elevar la temperatura del refrigerante caliente. El fluido de calentamiento puede calentarse por cualquier fuente de calor adecuada, tal como agua caliente calentada por calor residual de la turbina de gas.

35 Las realizaciones de métodos incluyen transferir los refrigerantes en una etapa inicial (es decir, primera carga) para cargar las unidades de refrigeración y transferir los refrigerantes durante el funcionamiento de la instalación o, de otra manera, después de la primera carga (es decir, carga en línea). Los ejemplos de tales métodos incluyen procedimientos de primera carga que incluyen transferir refrigerantes gaseosos y/o líquidos a una instalación de LNG, y procedimientos de carga en línea que incluyen transferir refrigerantes líquidos a la instalación de LNG.

Los sistemas y métodos aquí descritos, aunque se describen en el contexto de una instalación de LNG, no están limitados así y pueden utilizarse para cargar cualquier instalación de refrigeración que utilice refrigerantes y/o refrigerantes líquidos. Por ejemplo, las realizaciones aquí descritas pueden implementarse en diversas instalaciones de LNG u otras instalaciones de refrigeración. Las instalaciones de LNG emplean generalmente uno o más refrigerantes para extraer calor del gas natural y expulsarlo al entorno. Existen numerosas configuraciones de los sistemas de LNG y las realizaciones aquí descritas pueden implementarse en muchos tipos diferentes de sistemas de LNG.

En una realización, el suministro de refrigerante como se describe aquí puede implementarse en un sistema de LNG de refrigerante mezclado. Ejemplos de procesos de refrigerante mixto pueden incluir, pero no están limitados a ellos, un único sistema de refrigeración que utiliza un refrigerante mezclado, un sistema de refrigerante mixto preenfriado por propano y un sistema de refrigerante mixto doble.

En otra realización, los sistemas, aparatos y métodos se implementan en conjunción o como parte de un sistema de LNG en cascada que emplea un proceso de refrigeración de tipo cascada que utiliza uno o más refrigerantes de componente más predominantemente puro. Los refrigerantes utilizados en procedimientos de refrigeración de tipo cascada pueden tener puntos de ebullición sucesivamente inferiores a fin de facilitar la retirada de calor de la corriente de gas natural que se está licuando. Además de refrigerar la corriente de gas natural a través del intercambio de calor indirecto con uno o más refrigerantes los sistemas de LNG en cascada y de refrigerante mixto pueden emplear una o más etapas de refrigeración de expansión para refrigerar simultáneamente el LNG mientras se reduce su presión.

La figura 1 ilustra una forma de realización de una instalación de LNG simplificada capaz de producir simultáneamente LNG y un producto de gas doméstico. La instalación de LNG de tipo cascada de la figura 1 comprende generalmente una sección de refrigeración en cascada 10, una zona de retirada de pesados 11 y una sección de refrigeración de expansión 12. La sección de refrigeración en cascada 10 está representada con un primer ciclo de refrigeración mecánico 13, un segundo ciclo de refrigeración mecánico 14 y un tercer ciclo de refrigeración mecánico 15. En general, los ciclos de refrigeración primero, segundo y tercero 13, 14, 15 pueden ser ciclos de refrigeración de bucle cerrado, ciclos de refrigeración de bucle abierto o cualquier combinación de los mismos. En una realización de la presente invención, los ciclos de refrigeración primero y segundo 13 y 14 pueden ser ciclos de bucle cerrado y el tercer ciclo de refrigeración 15 puede ser un ciclo de bucle abierto que utiliza un refrigerante que comprende al menos una parte de la corriente de alimentación de gas natural sometida a licuefacción.

En una realización, los ciclos de refrigeración primero, segundo y tercero 13, 14, 15 pueden emplear respectivos refrigerantes primero, segundo y tercero que presentan puntos de ebullición sucesivamente inferiores. Por ejemplo, los refrigerantes primero, segundo y tercero pueden tener puntos de ebullición de rango medio a presión estándar (es decir, puntos de ebullición estándar de rango medio) dentro de aproximadamente 20° F, dentro de aproximadamente 10° F, o dentro de 5° F de los puntos de ebullición estándar de propano, etileno y metano, respectivamente. En una realización el primer refrigerante puede comprender al menos aproximadamente 75 por ciento en moles, al menos aproximadamente 90 por ciento en moles, al menos 95 por ciento en moles o puede constar sustancialmente de propano, propileno o mezclas de los mismos. El segundo refrigerante puede comprender al menos alrededor del 75 por ciento en moles, al menos aproximadamente 90 por ciento en moles, al menos 95 por ciento en moles o puede constar sustancialmente de etano, etileno o mezclas de los mismos. El tercer refrigerante puede comprender al menos alrededor del 75 por ciento en moles, al menos alrededor del 90 por ciento en moles, al menos el 95 por ciento en moles o puede consistir esencialmente en metano.

Como se muestra en la figura 1, el primer ciclo de refrigeración 13 puede comprender un primer compresor de refrigerante 16, un primer refrigerador 17 y un primer enfriador brusco de refrigerante 18. El primer compresor de refrigerante 16 puede descargar una corriente de primer refrigerante comprimido que puede refrigerarse seguidamente y al menos licuarse parcialmente en el refrigerador 17. La corriente de refrigerante resultante puede entrar entonces en el primer enfriador brusco de refrigerante 18, en el que al menos una parte de la corriente de refrigerante puede refrigerar la corriente de gas natural entrante en el conducto 100 a través del intercambio de calor indirecto con el primer refrigerante en fase de vaporización. El refrigerante gaseoso puede salir del primer enfriador brusco de refrigerante 18 y puede canalizarse entonces hacia una lumbrera de entrada del primer compresor de refrigerante 16 para hacerse recircular como se ha descrito previamente.

El primer enfriador brusco de refrigerante 18 puede comprender una o más etapas de refrigeración operativas para reducir la temperatura de la corriente de gas natural entrante en el conducto 100 en aproximadamente 40 a aproximadamente 210° F, aproximadamente 50 a aproximadamente 190° F, o 75 a 150° F. Típicamente, el gas natural que entra en el primer enfriador brusco de refrigerante 18 a través del conducto 100 puede tener una temperatura en el rango de desde aproximadamente 0 a aproximadamente 200° F, aproximadamente 20 a aproximadamente 180° F, o 50 a 165° F, mientras que la temperatura de la corriente de gas natural enfriado que sale del primer enfriador brusco de refrigerante 18 puede estar en el rango de desde alrededor de -65 hasta alrededor de 0° F, alrededor de -50 hasta alrededor de -10° F, o -35 hasta -15° F. En general, la presión de la

corriente de gas natural en el conducto 100 puede estar en el rango de desde alrededor de 100 hasta alrededor de 3000 libras por absoluto de pulgada cuadrada (psia), alrededor de 250 a alrededor de 1000 psia, o 400 a 800 psia. Debido a que la caída de presión a través del primer enfriador brusco de refrigerante 18 puede ser menor que alrededor de 100 psi, menor que alrededor de 50 psi o menor que 25 psi, la corriente de gas natural refrigerada en el conducto 101 puede tener sustancialmente la misma presión que la corriente de gas natural en el conducto 100.

Como se ilustra en la figura 1, la corriente de gas natural refrigerada (denominada también aquí como “corriente de metano predominantemente refrigerada”) que sale del primer ciclo de refrigeración 13 puede entrar seguidamente en el segundo ciclo de refrigeración 14 que puede comprender un segundo compresor de refrigerante 19, un segundo refrigerador 20 y un segundo enfriador brusco de refrigerante 21. El refrigerante comprimido puede descargarse del segundo compresor de refrigerante 19 y puede refrigerarse seguidamente y al menos licuarse parcialmente en el refrigerador 20 antes de entrar en el segundo enfriador brusco de refrigerante 21. El segundo enfriador brusco de refrigerante 21 puede emplear una pluralidad de etapas de refrigeración para reducir progresivamente la temperatura de la corriente predominantemente de metano en el conducto 101 en aproximadamente 50 a aproximadamente 180° F, aproximadamente 65 a aproximadamente 150° F o 95 a 125° F a través del intercambio de calor indirecto con el segundo refrigerante en fase de vaporización. Como se muestra en la figura 1, el segundo refrigerante vaporizado puede devolverse a continuación a una lumbrera de entrada del segundo compresor de refrigerante 19 antes de hacerse recircular en el segundo ciclo de refrigeración 14, como se describe previamente.

La corriente de alimentación de gas natural en el conducto 100 contendrá usualmente etano y componentes más pesados (C₂₊), lo que puede resultar en la formación de una fase líquida rica en C₂₊ en una o más etapas de refrigeración del segundo ciclo de refrigeración 14. A fin de eliminar los materiales pesados no deseados de la corriente predominantemente de metano antes de completar la licuefacción, al menos una parte de la corriente de gas natural que pasa a través del segundo enfriador brusco de refrigerante 21 puede retirarse a través del conducto 102 y procesarse en la zona de retirada de pesados 11, como se muestra en la figura 1. La corriente de gas natural en el conducto 102 puede tener una temperatura en el rango de alrededor de -160 a alrededor de -50° F, alrededor de -140° a alrededor de -65° F, o a -85° F y una presión que está dentro de alrededor del 5 por ciento, alrededor del 10 por ciento o del 15 por ciento de la presión de la corriente de alimentación de gas natural en el conducto 100.

Como se muestra en la figura 1, la corriente que sale de la zona de retirada de pesados 11 a través del conducto 103 puede canalizarse seguidamente de nuevo hacia el segundo ciclo de refrigeración 14, en el que la corriente puede refrigerarse además a través del segundo enfriador brusco de refrigerante 21. En una realización, la corriente que sale del segundo enfriador brusco de refrigerante 21 a través del conducto 104 puede licuarse completamente y puede tener una temperatura en el rango de desde alrededor de -205 a alrededor de -70° F, alrededor de -175 a alrededor de -95° F, o -140 a -125° F. Generalmente, la corriente en el conducto 104 puede estar a aproximadamente la misma presión que la corriente de gas natural que entra en la instalación de LNG en el conducto 100.

Como se ilustra en la figura 1, la corriente portadora de LNG presurizada en el conducto 104 entra en el tercer ciclo de refrigeración 15, que está representado generalmente con un tercer compresor de refrigerante 22, un refrigerador 23 y un tercer enfriador brusco de refrigerante 24. El refrigerante comprimido descargado del tercer compresor de refrigerante 22 entra en el refrigerador 23, en el que la corriente de refrigerante se refrigera y al menos se licúa parcialmente antes de entrar en el tercer enfriador brusco de refrigerante 24. El tercer enfriador brusco de refrigerante 24 puede comprender una o más etapas de refrigeración operativas para subrefrigerar la corriente de metano predominantemente presurizada a través del intercambio de calor indirecto con el refrigerante en fase de vaporización. En una realización, la temperatura de la corriente portadora de LNG presurizada puede reducirse en alrededor de 2 a alrededor de 60° F, alrededor de 5 a alrededor de 50° F o 10 a 40° F en el tercer enfriador brusco de refrigerante 24. En general, la temperatura de la corriente portadora de LNG presurizada que sale del tercer enfriador brusco de refrigerante 24 a través del conducto 105 puede estar en el rango de desde alrededor de -275 hasta alrededor de -75° F, alrededor de -225 hasta alrededor de -100° F o -200 hasta -125° F.

Como se muestra en la figura 1, la corriente portadora de LNG presurizada en el conducto 105 puede canalizarse seguidamente hacia la sección de refrigeración de expansión 12, en la que la corriente es subrefrigerada a través de la reducción de presión secuencial a presión casi atmosférica por el paso a través de una o más etapas de expansión. En una realización, cada etapa de expansión puede reducir la temperatura de la corriente portadora de LNG en alrededor de 10 a alrededor de 60° F., alrededor de 15 a alrededor de 50° F, o 20 a 40° F. Cada etapa de expansión comprende uno o más expansores que reducen la presión de la corriente licuada para evaporar o vaporizar súbitamente una parte de la misma. Ejemplos de expansores adecuados pueden incluir, pero no se limitan a ellos, válvulas de Joule-Thompson, toberas venturi y turboexpansores. La sección de expansión 12 puede emplear cualquier número de etapas de expansión y una o más etapas de expansión pueden integrarse con una o más etapas de refrigeración del tercer enfriador brusco de refrigerante 24. En una realización de la presente invención, la sección de expansión 12 puede reducir la presión de la corriente portadora de LNG en el conducto 105 en alrededor de 75 a alrededor de 450 psi, alrededor de 125 a alrededor de 300 psi o 150 a 225 psi.

Cada etapa de expansión puede emplear adicionalmente uno o más separadores de vapor-líquido operativos para

separar la fase de vapor (es decir, la corriente de gas vaporizada súbitamente) de la corriente de líquido refrigerada. Como se discute previamente, el tercer ciclo de refrigeración 15 puede comprender un ciclo de refrigeración de bucle abierto, un ciclo de refrigeración de bucle cerrado o cualquier combinación de los mismos. Cuando el tercer ciclo de refrigeración 15 comprende un ciclo de refrigeración de bucle cerrado, la corriente de gas vaporizada súbitamente puede utilizarse como combustible dentro de la instalación o canalizarse aguas abajo para el almacenamiento, el procesamiento adicional y/o la eliminación. Cuando el tercer ciclo de refrigeración 15 comprende un ciclo de refrigeración de bucle abierto, al menos una parte de la corriente de gas vaporizada súbitamente que sale de la sección de expansión 12 puede utilizarse como refrigerante para refrigerar al menos una parte de la corriente de gas natural en el conducto 104. Generalmente, cuando el tercer ciclo de refrigerante 15 comprende un ciclo de bucle abierto, el tercer refrigerante puede comprender al menos 50 por ciento en peso, al menos alrededor de 75 por ciento en peso, o al menos el 90 por ciento en peso de gas vaporizado súbitamente desde la sección de expansión 12, sobre la base del peso total de la corriente. Como se ilustra en la figura 1, el gas vaporizado súbitamente que sale de la sección de expansión 12 a través del conducto 106 puede entrar en el tercer enfriador brusco de refrigerante 24, en el que la corriente puede refrigerar al menos una parte de la corriente de gas natural que entra en el tercer enfriador brusco de refrigerante 24 a través del conducto 104. La corriente de refrigerante calentado resultante puede salir entonces del tercer enfriador brusco de refrigerante 24 a través del conducto 108 y puede canalizarse a continuación hacia una lumbrera de entrada del tercer compresor de refrigerante 22.

Como se muestra en la figura 1, el tercer compresor de refrigerante 22 descarga una corriente de tercer refrigerante comprimido que se refrigera seguidamente en el refrigerador 23. La corriente de refrigerante refrigerado puede dividirse entonces en dos partes. La primera parte en el conducto 109a puede comprender la corriente de producto de gas doméstico y puede canalizarse seguidamente hacia una localización externa a la instalación de LNG representada en la figura 1. La segunda parte del refrigerante refrigerado en el conducto 109b puede combinarse con la corriente de gas natural en el conducto 104 antes de volver a entrar en el tercer enfriador brusco de refrigerante 24, como se discute previamente.

Como se muestra en la figura 1, la corriente de líquido que sale de la sección de expansión 12 a través del conducto 107 comprende LNG. En una realización, el LNG en el conducto 107 puede tener una temperatura en el rango de alrededor de -200 a alrededor de -300° F, alrededor de -225 a alrededor de -275° F, o -240 a -260° F, y una presión en el rango de aproximadamente 0 a aproximadamente 40 psia, aproximadamente 5 a aproximadamente 25 psia, o 10 a 20 psia. El LNG en el conducto 107 puede canalizarse seguidamente para almacenamiento y/o trasladarse a otra localización a través de una tubería, buque transoceánico, camión o cualquier otro medio de transporte adecuado. En una realización, al menos una parte del LNG puede vaporizarse seguidamente para usos en aplicaciones que requieren gas natural en fase de vapor.

Además de producir LNG en el conducto 107, la instalación de LNG representada en la figura 1 puede producir también un producto de gas doméstico en el conducto 109a. Como se muestra en la figura 1, el producto de gas doméstico puede retirarse de una corriente intermedia dentro de la instalación de LNG, típicamente en una localización aguas abajo de una zona de retirada de pesados 95. Debido a que la corriente de gas doméstico puede ser retirada aguas abajo de la zona de retirada de pesados 95, el producto de gas doméstico puede tener una concentración de material C₆+ que es menor que aproximadamente 1 por ciento en peso, menor que aproximadamente 0,5 por ciento en peso, menor que aproximadamente 0,1 por ciento en peso o menor que 0,01 por ciento en peso, sobre la base del peso total de la corriente de gas doméstico. Como resultado, el producto de gas doméstico retirado de la instalación de LNG de la figura 1 a través del conducto 109a puede cumplir con la mayoría o con todas las especificaciones locales de producto de tubería de gas natural, incluyendo, por ejemplo, punto de rocío de hidrocarburo, con poco o ningún procesamiento adicional.

En una realización mostrada en la figura 1, el vapor de producto de gas doméstico puede retirarse de la tercera corriente de refrigerante comprimida que sale del tercer compresor de refrigerante 22 a través del conducto 109a. Típicamente, la presión de la corriente de gas doméstico puede estar en el rango de aproximadamente 15 a aproximadamente 100 bares manométricos (barg), aproximadamente 25 a aproximadamente 90 barg, o 35 a 75 barg. A fin de producir un producto de gas doméstico que presenta un caudal de masa que es al menos de aproximadamente 2 por ciento, al menos aproximadamente 5 por ciento, al menos aproximadamente 10 por ciento o al menos 25 por ciento del caudal de masa de la tercera corriente de refrigerante comprimida total que sale del tercer compresor de refrigerante 22, la instalación de LNG de la figura 1 puede procesar alimentación de gas natural adicional. Procesando gas de alimentación adicional, puede recuperarse el servicio de refrigeración adicional en el tercer ciclo de refrigeración que puede dar como resultado finalmente una producción incremental de LNG y/o NGL. Además, cuando el producto de gas doméstico se retira de un ciclo de bucle abierto, como se ilustra en la figura 1, la producción de una corriente de gas doméstico puede ayudar a controlar la concentración de contaminantes ligeros (por ejemplo, nitrógeno) en el bucle de refrigeración, permitiendo así la flexibilidad de procesamiento incrementada de la instalación de LNG. Además, debido a la concentración relativamente baja de materiales pesados y otros contaminantes en el producto de gas doméstico en el conducto 109a, al menos una parte del producto de gas doméstico puede mezclarse seguidamente con una corriente de gas doméstico no procesada o fuera de especificaciones de otra fuente (no mostrada) a fin de producir un producto de gas doméstico vendible. Opcionalmente, una o más corrientes de gas combustible (no mostradas) para uso dentro de la instalación de LNG

pueden retirarse de la corriente de gas doméstico y/o la corriente de refrigerante comprimida en los conductos 109a, 109b. Típicamente, al menos una parte de la corriente de gas combustible puede utilizarse para energizar una o más turbinas de gas utilizadas para accionar al menos un compresor de refrigerante.

5 La figura 2 presenta una realización de una configuración específica de la instalación de LNG mostrada en la figura 1. Aunque “propano”, “etileno” y “metano” se utilizan para hacer referencia a los respectivos refrigerantes primero, segundo y tercero, deberá entenderse que la realización ilustrada en la figura 2 y aquí descrita puede aplicarse a cualquier combinación de refrigerantes adecuados. La instalación de LNG representada en la figura 2 comprende generalmente un ciclo de refrigeración de propano 30, un ciclo de refrigeración de etileno 50, un ciclo de refrigeración de metano 70 con una sección de expansión 80 y una zona de retirada de pesados 95. Para facilitar una compresión de la figura 2, se empleó la siguiente nomenclatura numérica. Los elementos numerados con 31 a 10 49 son recipientes y equipos de procesamiento directamente asociados con el ciclo de refrigeración de propano 30, y los elementos numerados con 51 a 69 son recipientes y equipos de procesamiento relacionados con el ciclo de refrigeración de etileno 50. Los elementos numerados con 71 a 94 corresponden a recipientes y equipos de procesamiento asociados con el ciclo de refrigeración de metano 70 y/o la sección de expansión 80. Los elementos numerados con 96 a 99 son recipientes y equipos de procesamiento asociados con la zona de retirada de pesados 15 95. Los elementos numerados con 100 a 199 corresponden a tuberías o conductos de flujo que contienen predominantemente corrientes de etileno. Los elementos numerados con 200 a 299 corresponden a tuberías o conductos de flujo que contienen predominantemente corrientes de etileno. Los elementos numerados con 300 a 399 corresponden a tuberías o conductos de flujo que contienen predominantemente corrientes de propano.

20 Haciendo referencia a la figura 2, los componentes principales del ciclo de refrigeración de propano 30 incluyen un compresor de propano 31, un refrigerador de propano 32, un enfriador brusco de propano de etapa alta 33, un enfriador brusco de propano de etapa intermedia 34 y un enfriador brusco de propano de etapa baja 35. Los componentes principales del ciclo de refrigeración de etileno 50 incluyen un compresor de etileno 51, un refrigerador de etileno 52, un enfriador brusco de etileno de etapa alta 53, un enfriador brusco de etileno de etapa intermedia 54, un enfriador brusco/condensador de etileno de etapa baja 55 y un economizador de etileno 56. Los componentes principales del ciclo de refrigeración de metano 70 incluyen un compresor de metano 71, un refrigerador de metano 72, un economizador de metano principal 73 y un economizador de metano secundario 74. Los componentes principales de la sección de expansión 80 incluyen un expansor de metano de etapa alta 81, un tambor de vaporización súbita de metano de etapa alta 82, un expansor de metano de etapa intermedia 83, un tambor de vaporización súbita de metano de etapa intermedia 84, un expansor de metano de etapa baja 85 y un tambor de vaporización súbita de metano de etapa baja 86. La instalación de LNG de la figura 2 incluye también una zona de retirada de pesados 95 aguas abajo del enfriador brusco de etileno de etapa intermedia 54 para retirar componentes de hidrocarburos pesados del gas natural procesado y recubrir los líquidos de gas natural resultantes. La zona de retirada de pesados 95 de la figura 2 se muestra generalmente con una primera columna de destilación 96 y una 35 segunda columna de destilación 97.

El funcionamiento de la instalación de LNG ilustrado en la figura 2 se describirá ahora con más detalle, comenzando con el ciclo de refrigeración de propano 30. El propano se comprime en un compresor de propano multietapa (por ejemplo, de tres etapas) 31 accionado, por ejemplo, por un accionador de turbina de gas 31a. Las tres etapas de compresión existen preferentemente en una única unidad, aunque cada etapa de compresión puede ser una unidad independiente y las unidades acopladas mecánicamente son accionadas por un único accionador. Tras la compresión, el propano se pasa a través del conducto 300 al refrigerador de propano 32, en el que se enfría y se licúa a través del intercambio de calor indirecto con un fluido externo (por ejemplo, aire o agua). Una temperatura y presión representativas del refrigerante de propano licuado que sale del refrigerador 32 es de aproximadamente 40 100° F y aproximadamente 190 psia. La corriente del refrigerador de propano 32 puede pasarse seguidamente a través del conducto 302 a unos medios de reducción de presión, ilustrados como válvula de expansión 36, en donde la presión del propano licuado se reduce, evaporando o vaporizando súbitamente así una parte del mismo. La corriente bifásica resultante fluye entonces a través del conducto 304 hacia el enfriador brusco de propano de etapa alta 33. El enfriador brusco de propano de etapa alta 33 utiliza medios de intercambio de calor indirectos 37, 38 y 39 para enfriar respectivamente las corrientes de gas entrantes, incluyendo una corriente de refrigerante de metano a discutir todavía en el conducto 112, una corriente de alimentación de gas natural en el conducto 110 y una corriente de refrigerante de etileno a discutir todavía en el conducto 202 a través del intercambio de calor indirecto con el refrigerante en fase de vaporización. La corriente de refrigerante de metano refrigerada sale del enfriador brusco de propano de etapa alta 33 a través del conducto 130 y puede canalizarse seguidamente hacia la entrada del economizador de metano principal 73 que se discutirá con mayor detalle en una sección posterior.

55 La corriente de gas natural refrigerada del enfriador brusco de propano de etapa alta 33 (también denominada aquí como la “corriente rica en metano”) fluye a través del conducto 114 hasta un recipiente de separación 40, en el que se separan las fases gaseosa y líquida. La fase líquida que puede ser rica en propano y componentes más pesados (C₃+), se elimina a través del conducto 303. La fase predominantemente de vapor sale del separador 40 a través del conducto 116 y puede entrar entonces en el enfriador brusco de propano de etapa intermedia 34, en el que la corriente se refrigera en medios de intercambio de calor indirectos 41 a través del intercambio de calor indirecto con una corriente de refrigerante de propano a discutir todavía. La corriente rica en metano bifásica resultante en el 60

conducto 118 puede canalizarse seguidamente hacia el enfriador brusco de propano de etapa baja 35, en el que la corriente puede enfriarse además a través de los medios de intercambio de calor indirecto 42. La corriente predominantemente de metano resultante puede salir entonces del enfriador brusco de propano de etapa baja 35 a través del conducto 120. Seguidamente, la corriente rica en metano refrigerada en el conducto 120 puede canalizarse hacia el enfriador brusco de etileno de etapa alta 53 que se discutirá con más detalle brevemente.

El refrigerante de propano vaporizado que sale del enfriador brusco de propano de etapa alta 33 se devuelve a la lumbrera de entrada de etapa alta del compresor de propano 31 a través del conducto 306. El refrigerante de propano líquido residual en el enfriador brusco de propano de etapa alta 33 puede pasarse a través del conducto 308 por unos medios de reducción de presión, ilustrados aquí como una válvula de expansión 43, con lo que una parte del refrigerante licuado se vaporiza súbitamente o vaporiza. La corriente de refrigerante refrigerada bifásica resultante puede entrar entonces en el enfriador brusco de propano de etapa intermedia 34 a través del conducto 310, proporcionando así refrigerante para la corriente de gas natural y corriente de refrigerante de etileno aún a exponer que entra en el enfriador brusco de propano de etapa intermedia 34. El refrigerante de propano vaporizado sale del enfriador brusco de propano de etapa intermedia 34 a través del conducto 312 y puede entrar entonces en la lumbrera de entrada de etapa intermedia del compresor de propano 31. El refrigerante de propano licuado restante sale del enfriador brusco de propano de etapa intermedia 34 a través del conducto 314 y se pasa a través de unos medios de reducción de presión, ilustrados aquí como válvula de expansión 44, con lo que la presión de la corriente se reduce para vaporizar súbitamente o vaporizar así una parte de la misma. La corriente de refrigerante de vapor-líquido resultante entra entonces en el enfriador brusco de propano de etapa baja 35 a través del conducto 316 y refrigera las corrientes de refrigerante ricas en metano y de etileno aun a exponer que entran en el enfriador brusco de propano de etapa baja 35 a través de los conductos 118 y 206, respectivamente. La corriente de refrigerante de propano vaporizado sale entonces del enfriador brusco de propano de etapa baja 35 y se canaliza a través del conducto 318 hacia la lumbrera de entrada de etapa baja del compresor de propano 31, en el que la corriente se comprime y se recicla como se ha descrito previamente.

Como se muestra en la figura 2, una corriente de refrigerante de etileno en el conducto 202 entra en el enfriador brusco de propano de etapa alta 33, en el que la corriente de etileno se refrigera a través de medios de intercambio de calor indirecto 39. La corriente refrigerada resultante en el conducto 204 sale entonces del enfriador brusco de propano de etapa alta 33, tras lo cual la corriente al menos parcialmente condensada entra en el enfriador brusco de propano de etapa intermedia 34. Tras entrar en el enfriador brusco de propano de etapa intermedia 34, la corriente de refrigerante de etileno puede refrigerarse además a través de los medios de intercambio de calor indirecto 45. La corriente de etileno bifásica resultante puede salir entonces del enfriador brusco de propano de etapa intermedia 34 antes de entrar en el enfriador brusco de propano de etapa baja 35 a través del conducto 206. En el enfriador brusco de propano de etapa baja 35, la corriente de refrigerante de etileno puede condensarse al menos parcialmente o condensarse en su totalidad a través de medios de intercambio de calor indirecto 46. La corriente resultante sale del enfriador brusco de propano de etapa baja 35 a través del conducto 208 y puede canalizarse seguidamente hacia un recipiente de separación 47, en el que la parte de vapor de la corriente, si está presente, puede retirarse a través del conducto 210. La corriente de refrigerante de etileno licuado que sale del separador 47 a través del conducto 212 puede tener una temperatura representativa y una presión de alrededor de -24° F y alrededor de 285 psia.

Volviendo ahora al ciclo de refrigeración de etileno 50 en la figura 2, la corriente de refrigerante de etileno licuado en el conducto 212 puede entrar en el economizador de etileno 56, en el que la corriente puede refrigerarse además por unos medios de intercambio de calor indirecto 57. La corriente de etileno líquido subrefrigerado en el conducto 214 puede canalizarse entonces a través de unos medios de reducción de presión, ilustrados aquí como válvula de expansión 58, con lo que la presión de la corriente se reduce para vaporizar súbitamente o vaporizar así una parte de la misma. La corriente refrigerada bifásica en el conducto 215 puede entrar entonces en el enfriador brusco de etileno de etapa alta 53, en el que al menos una parte de la corriente de refrigerante de etileno puede vaporizarse para refrigerar así la corriente rica en metano que entra en unos medios de intercambio de calor indirecto 59 de enfriador brusco de etileno de etapa alta 53 a través del conducto 120. El refrigerante vaporizado y licuado restante sale del enfriador brusco de etileno de etapa alta 53 a través de respectivos conductos 216 y 220. El refrigerante de etileno vaporizado en el conducto 216 puede volver a entrar en el economizador de etileno 56, en el que la corriente puede calentarse a través de unos medios de intercambio de calor indirecto 60 antes de entrar en la lumbrera de entrada de etapa alta de compresor de etileno 51 a través del conducto 218, como se muestra en la figura 2.

El refrigerante licuado restante en el conducto 220 puede volver a entrar en el economizador de etileno 56, en el que la corriente puede subrefrigerarse además por unos medios de intercambio de calor indirecto 61. La corriente de refrigerante refrigerado resultante sale del economizador de etileno 56 a través del conducto 222 y puede canalizarse seguidamente hacia unos medios de reducción de presión, ilustrados aquí como válvula de expansión 62, con lo que la presión de la corriente se reduce para vaporizar o vaporizar súbitamente así una parte de la misma. La corriente bifásica refrigerada resultante en el conducto 224 entra en el enfriador brusco de etileno de etapa intermedia 54, en el que la corriente de refrigerante puede refrigerar la corriente de gas natural en el conducto 122 que entra en el enfriador brusco de etileno de etapa intermedia 54 a través de unos medios de intercambio de calor indirecto 63. Como se muestra en la figura 2, la corriente rica en metano refrigerada resultante que sale del enfriador brusco de etileno de etapa intermedia 54 puede canalizarse entonces hacia una zona de retirada de pesados 95 a

través del conducto 124. La zona de retirada de pesados 95 se discutirá en detalle en una sección posterior.

El refrigerante de etileno vaporizado sale del enfriador brusco de etileno de etapa intermedia 54 a través del conducto 226, tras lo cual la corriente puede combinarse con una corriente de vapor de etileno aún a discutir en el conducto 238. La corriente combinada en el conducto 239 puede entrar entonces en el economizador de etileno 56, en el que la corriente se calienta en unos medios de intercambio de calor indirecto 64 antes de alimentarse a la lumbrera de entrada de etapa baja del compresor de etileno 51 a través del conducto 230. El compresor de etileno 51 puede ser accionado, por ejemplo, por un accionador de turbina de gas 51a. El compresor de etileno 51 comprende al menos una etapa de compresión y, cuando se emplean múltiples etapas, las etapas pueden existir en una única unidad o pueden ser unidades independientes mecánicamente acopladas a un accionador común. En general, cuando el compresor de etileno 51 comprende dos o más etapas de compresión, uno o más interrefrigeradores (no mostrados) pueden disponerse entre las etapas de compresión posteriores. Como se muestra en la figura 2, una corriente de refrigerante de etileno comprimido en el conducto 236 puede canalizarse seguidamente hacia el refrigerador de etileno 52, en el que la corriente de etileno puede refrigerarse a través del intercambio de calor indirecto con un fluido externo (por ejemplo, agua o aire). La corriente de etileno al menos parcialmente condensada resultante puede introducirse entonces a través del conducto 202 en el enfriador brusco de propano de alta etapa 33 para la refrigeración adicional como se describe previamente.

El refrigerante de etileno licuado restante sale del enfriador brusco de etileno de etapa intermedia 54 a través del conducto 228 antes de entrar en el enfriador brusco/condensador de etileno de etapa baja 55, en el que el refrigerante puede refrigerar la corriente rica en metano que entra en el enfriador brusco/condensador de etileno de etapa baja a través del conducto 128 en unos medios de intercambio de calor indirecto 65. En una realización mostrada en la figura 2, la corriente en el conducto 128 resulta de la combinación de una corriente empobrecida en pesados (es decir, rica en hidrocarburos ligeros) que sale de la zona de retirada de pesados 95 a través del conducto 126 y una corriente de refrigerante de metano aún a discutir en el conducto 168. Como se muestra en la figura 2, el refrigerante de etileno vaporizado puede salir entonces del enfriador brusco/condensador de etileno de etapa baja 55 a través del conducto 238 antes de combinarse con el etileno vaporizado que sale del enfriador brusco de etileno de etapa intermedia 54 a través del conducto 226 y que entra en la lumbrera de entrada de etapa baja del compresor de etileno 51, como se discute previamente.

La corriente de gas natural refrigerado que sale del enfriador brusco/condensador de etileno de etapa baja en el conducto 132 puede denominarse también la "corriente portadora de LNG presurizada". Como se muestra en la figura 2, la corriente portadora de LNG presurizada sale del enfriador brusco/condensador de etileno de etapa baja 55 a través del conducto 132 antes de entrar en el economizador de metano principal 73. En el economizador de metano principal 73, la corriente rica en metano puede refrigerarse en unos medios de intercambio de calor indirecto 75 a través del intercambio de calor indirecto con uno o más corrientes de refrigerante de metano aún a discutir. La corriente portadora de LNG presurizada refrigerada sale del economizador de metano principal 73 y puede canalizarse a continuación a través del conducto 134 hacia la sección de expansión 80 del ciclo de refrigeración de metano 70. En la sección de expansión 80, la corriente de metano predominantemente refrigerada pasa a través del expansor de metano de etapa alta 81, con lo que la presión de la corriente se reduce para vaporizar o vaporizar súbitamente así una parte de la misma. La corriente rica en metano bifásica resultante en el conducto 136 puede entrar entonces en el tambor de vaporización súbita de metal de etapa alta 82, con lo que las partes de vapor y líquido pueden separarse. La parte de vapor que sale del tambor de vaporización súbita de metano de etapa alta 82 (es decir, el gas de vaporización súbita de etapa alta) a través del conducto 143 puede entrar entonces en el economizador de metano principal 73, en el que la corriente se calienta a través de medios de intercambio de calor indirecto 76. La corriente de vapor calentada resultante sale del economizador de metano principal 73 a través del conducto 138 y se combina seguidamente con una corriente de vapor aún a discutir que sale de la zona de retirada de pesados 95 en el conducto 140. La corriente combinada en el conducto 141 puede canalizarse entonces hacia la lumbrera de entrada de etapa alta del compresor de metano 71, como se muestra en la figura 2.

La fase líquida que sale del tambor de vaporización súbita de metano de etapa alta 82 a través del conducto 142 puede entrar en el economizador de metano secundario 74, en el que la corriente de metano puede refrigerarse a través de los medios de intercambio de calor indirecto 92. La corriente refrigerada resultante en el conducto 144 puede canalizarse seguidamente hacia una segunda etapa de expansión, ilustrada aquí como expansor de etapa intermedia 83, en el que la presión de la corriente puede reducirse para evaporar o vaporizar súbitamente así una parte de la misma. La corriente rica en metano bifásica resultante en el conducto 146 puede entrar entonces en el tambor de vaporización súbita de metano de etapa intermedia 84, en el que las partes de líquido y de vapor de la corriente pueden separarse y pueden salir del tambor de vaporización súbita de etapa intermedia a través de respectivos conductos 148 y 150. La parte de vapor (es decir, el gas de vaporización súbita de etapa intermedia) en el conducto 150 puede volver a entrar en el economizador de metano secundario 74, en el que la corriente puede calentarse a través de unos medios de intercambio de calor indirecto 87. La corriente calentada puede canalizarse entonces a través del conducto 152 hacia el economizador de metano principal 73, en el que la corriente puede calentarse además a través de unos medios de intercambio de calor indirecto 77 antes de entrar en la lumbrera de entrada de etapa intermedia del compresor de metano 71 a través del conducto 154.

La corriente de líquido que sale del tambor de vaporización súbita de metano de etapa intermedia 84 a través del conducto 148 puede pasar entonces a través de un expansor de etapa baja 85, con lo que la presión de la corriente rica en metano licuada puede reducirse además para vaporizar o vaporizar súbitamente así una parte de la misma. La corriente bifásica refrigerada resultante en el conducto 156 puede entrar entonces en el tambor de vaporización súbita de metano de etapa baja 86, en el que las fases de vapor y de líquido pueden separarse. La corriente de líquido que sale del tambor de vaporización súbita de metano de etapa baja 86 puede comprender el producto de gas natural licuado (LNG). El producto de LNG que está aproximadamente a presión atmosférica, puede canalizarse a través del conducto 158 aguas abajo para el almacenamiento, transporte y/o uso posteriores.

La corriente de vapor que sale del tambor de vaporización súbita de metano de etapa baja 86 (es decir, el gas de vaporización súbita de metano de etapa baja) en el conducto 160 puede canalizarse hacia el economizador de metano secundario 74, en el que la corriente puede calentarse a través de unos medios de intercambio de calor indirecto 89. El vapor resultante puede salir del economizador de metano secundario 74 a través del conducto 162, después de lo cual la corriente puede canalizarse hacia el economizador de metano principal 73 para calentarse adicionalmente a través de medios de intercambio de calor indirecto 78. La corriente de vapor de metano calentada puede salir entonces del economizador de metano principal 73 a través del conducto 164, después de lo cual la corriente puede dividirse en dos partes. La primera parte en el conducto 164 puede entrar en la lumbrera de entrada de etapa baja del compresor de metano 71 que se discutirá en detalle en breve. La segunda parte en el conducto 164a puede canalizarse hacia una lumbrera de entrada de un compresor de gas de ventas 91. El producto de gas comprimido que sale del compresor de gas de ventas 91 a través del conducto 172e puede refrigerarse entonces (no se muestra) y canalizarse hacia una localización externa a la instalación de LNG para uso como un producto de gas doméstico. Opcionalmente, como se muestra en la figura 2, al menos una parte de la corriente de gas comprimida en el conducto 172e puede canalizarse a través del conducto 160b para recombinarse con la corriente de refrigerante calentada en el conducto 164.

Como se discute previamente, la corriente de refrigerante de metano calentada en el conducto 164 puede entrar en la lumbrera de entrada de etapa baja del compresor de metano 71. El compresor de metano 71 puede accionarse, por ejemplo, por un accionador de turbina de gas 71a. El compresor de metano 71 comprende al menos una etapa de compresión y, cuando se emplean múltiples etapas, las etapas pueden existir en una única unidad o pueden ser unidades independientes mecánicamente acopladas a un accionador común. Generalmente, cuando el compresor de metano 71 comprende dos o más etapas de compresión, uno o más interrefrigeradores (no mostrados) pueden disponerse entre etapas de compresión posteriores.

Como se muestra en la figura 2, la corriente de refrigerante de metano comprimido que sale del compresor de metano 71 puede descargarse en el conducto 166, tras lo cual la corriente puede refrigerarse a través del intercambio de calor indirecto con un fluido externo (por ejemplo, aire o agua) en el refrigerador de metano 72. En una realización, la corriente de refrigerante comprimido refrigerada puede dividirse entonces en una fracción de refrigerante comprimido en el conducto 112 y una fracción de gas doméstico en el conducto 172a. Opcionalmente, una corriente de gas combustible puede retirarse de la fracción de gas doméstico a través del conducto 174a y/o de la fracción de refrigerante comprimido a través del conducto 176a. La fracción de gas doméstico en el conducto 172a puede canalizarse seguidamente hacia una localización fuera de la instalación de LNG, tras lo cual la corriente de gas doméstico puede combinarse opcionalmente con otra corriente de gas (por ejemplo, una parte del gas natural de alimentación) antes de transportarse y venderse a usuarios posteriores. La corriente de gas combustible, si está presente, puede canalizarse hacia uno o más consumidores de gas combustible (por ejemplo, accionadores de turbina de gas 31a, 51a y 71a de respectivos compresores de propano, etileno y metano 31, 51, 71) dentro de la instalación de LNG. En otra realización, puede retirarse una fracción de gas doméstico de las corrientes que salen de la descarga de la etapa baja, etapa intermedia y/o etapa alta del compresor de metano 71, como se indica en la figura 1 por respectivas tuberías 172b, 172c y 172d. Además, las corrientes de gas combustible opcionales 174b-d pueden retirarse de las fracciones de gas doméstico en conductos correspondientes 172b-d o de las fracciones de refrigerante comprimido restantes que salen de las etapas baja, intermedia y alta del compresor de metano 71 (no mostradas). Como se ilustra en la figura 2, la fracción de refrigerante comprimido en el conducto 112 puede refrigerarse además en el ciclo de refrigeración de propano 30, como se describe en detalle previamente.

Tras refrigerarse en el ciclo de refrigeración de propano 30, la fracción de refrigerante de metano comprimido puede descargarse en el conducto 130 y canalizarse seguidamente hacia el economizador de metano principal 73, en el que la corriente puede refrigerarse además a través de medios de intercambio de calor indirecto 79. La corriente subrefrigerada resultante sale del economizador de metano principal 73 a través del conducto 168 y puede combinarse entonces con la corriente empobrecida en pesados que sale de la zona de retirada de pesados 95 a través del conducto 126 como se discute previamente.

Las figuras 3-10 ilustran realizaciones de un sistema y un método para suministrar refrigerantes a una instalación de refrigeración, tales como las realizaciones de instalación de LNG de las figuras 1 y 2. El sistema puede incorporarse en una instalación de LNG localizada en tierra o en una instalación marítima. Como se discute anteriormente, aunque las realizaciones del sistema y del método de suministro se describen en conjunción con una instalación de

LNG, ésta podría utilizarse en conjunción con otras instalaciones de refrigeración.

Antes de utilizar la instalación de LNG, pueden suministrarse refrigerantes adecuados a la instalación para uso en diversas unidades de refrigeración. Tales refrigerantes pueden suministrarse inicialmente a la instalación (denominada una "primera carga") procedentes de tanques de almacenamiento adecuados u otras localizaciones de almacenamiento, y pueden suministrarse también después de la primera carga o durante el proceso de licuefacción (denominado "carga en línea"). Una consideración importante cuando se introducen refrigerantes en una instalación de LNG es la tasa del cambio de temperatura del refrigerante. Un cambio de temperatura rápido (por ejemplo, temperatura delta de 2°C/min o mayor) debería evitarse para impedir el choque térmico que puede provocar esfuerzos térmicos locales extremadamente altos, agrietamiento y separación y, por tanto, fugas (por ejemplo, distorsiones de placas/aletas suficientes para provocar un fallo). Los sistemas y métodos de suministro descritos aquí proporcionan un control preciso de la temperatura de refrigerante para evitar tal choque.

La figura 3 muestra una realización de un conjunto o sistema 400 para suministrar refrigerantes a un sistema o instalación de LNG. El sistema está configurado para transmitir refrigerantes a la instalación de LNG y cargar componentes de la instalación de LNG desde el almacenamiento de baja presión. Como se describe aquí, "baja presión" hace referencia a presiones de refrigerante menores que las requeridas o seleccionadas para la instalación de LNG, tal como presión atmosférica o casi atmosférica. Las presiones requeridas para la instalación de LNG (denominadas también presiones de instalación de LNG) incluyen, por ejemplo, presiones dentro de los enfriadores bruscos 18 y 21 y/o dentro de los enfriadores bruscos 33-35 y 53-55.

El sistema 400 está configurado para suministrar refrigerantes desde el almacenamiento de líquido de baja presión que proporciona numerosas ventajas. Por ejemplo, los sistemas de suministro que utilizan almacenamiento de líquido presurizado emplean típicamente un vaporizador para llenar una instalación de LNG en la etapa baja que puede ser muy lenta. Otros sistemas recogen y comprimen gas de ebullición (BOG) de una instalación de almacenamiento presurizada para suministrar una instalación de LNG sobre una base continua y seguidamente purgar intermitentemente etileno de la sección de licuefacción de la instalación de LNG, lo que requiere una bomba criogénica no sumergible compleja que debe purgarse adecuadamente. El sistema 400 aborda estas cuestiones ya que el sistema puede utilizarse para llenar secciones de refrigeración de refrigerante líquido a una elevada tasa (por ejemplo, alrededor de 30000 kg/h). Además, el sistema 400 puede hacerse funcionar utilizando mecanismos de bombeo relativamente simples, lo que reduce el coste y la complejidad. Además, debido al uso de almacenamiento de refrigerante líquido a baja presión, pueden utilizarse bombas sumergibles en los dispositivos de almacenamiento de refrigerante que pueden reducir la cantidad de espacio requerido para el almacenamiento y suministro de refrigerante.

En una realización, el sistema 400 está acoplado a una instalación de refrigeración multirefrigerante, tal como una instalación de LNG de tipo cascada descrita anteriormente. El sistema 400 puede suministrar múltiples refrigerantes a la instalación, en sucesión o simultáneamente.

El sistema de suministro 400 está conectado en comunicación de fluido con un primer dispositivo o contenedor de almacenamiento de refrigerante 402 a través de una bomba 404 y un conducto 406. La bomba 404 puede ser externa al contenedor 402 o estar integrada con éste (por ejemplo sumergible). Las válvulas de expansión y/o control 408 pueden acoplarse al conducto 406 para controlar la presión de refrigerante y/o controlar la trayectoria de fluido. El primer contenedor de refrigerante 402 almacena un primer refrigerante en forma líquida que tiene un primer punto de ebullición. Por ejemplo, el contenedor 402 almacena propano (C3) y se denomina "almacenamiento de C3". El primer refrigerante se almacena también a una baja presión, por ejemplo presión atmosférica (0 barg) y a una temperatura por debajo del punto de ebullición (por ejemplo, -43,3°C).

El sistema de suministro 400 está conectado a un segundo dispositivo o contenedor 410 de almacenamiento de refrigerante (por ejemplo, etileno o etano) a través de una bomba 412 y un conducto 414. El contenedor 410 almacena el segundo refrigerante en forma líquida que tiene un segundo punto de ebullición que es menor que el primer punto de ebullición. Las válvulas de expansión y/o control 416 pueden acoplarse al conducto 414 para controlar la presión y/o la trayectoria de flujo del refrigerante. Como se muestra en la figura 3, el segundo contenedor de refrigerante 410 que, en este ejemplo, almacena etileno (C2) y se denomina "almacenamiento de C2", almacena el segundo refrigerante a una baja presión. Por ejemplo, el segundo refrigerante se almacena a presión atmosférica (0 barg) a una temperatura por debajo del punto de ebullición (por ejemplo, -108,4°C).

Los refrigerantes primero y segundo se suministran a diversas secciones o componentes de carga del sistema 400. Por ejemplo, el sistema 400 incluye secciones de carga de C2 418 y 420, y secciones de carga de C3 422. El sistema 400 incluye también dispositivos o componentes de control de temperatura para permitir que el calentamiento controlado de los refrigerantes evite el choque térmico. Por ejemplo, el sistema 400 incluye un conjunto de control de calentamiento o temperatura 424 que puede utilizarse para controlar la temperatura del primer y/o segundo refrigerante. El sistema 400 está configurado para llenar la instalación de LNG transfiriendo refrigerante líquido y/o refrigerante gaseoso según se desee.

En una realización, la temperatura del primer y/o segundo refrigerante se controla al menos parcialmente por una transferencia de calor entre los refrigerantes primero y segundo. Por ejemplo, el segundo refrigerante se presuriza y se calienta seguidamente utilizando el primer refrigerante que presenta un punto de ebullición mayor y se almacena en un almacenamiento 402 a una temperatura mayor que el segundo refrigerante. El segundo refrigerante calentado se calienta a un nivel adecuado para su introducción en la instalación de LNG y se transfiere seguidamente a una unidad de refrigeración en ella. El primer refrigerante se refrigera por transferencia de calor con el segundo refrigerante y se calienta seguidamente, por ejemplo, por un conjunto de control de temperatura 424 para llevar la temperatura a un nivel adecuado para su introducción en la instalación de LNG. El primer refrigerante y el segundo refrigerante se describen en estas realizaciones como propano y etileno, respectivamente, pero no están limitados de esta manera. El primer refrigerante puede ser cualquier fluido refrigerante adecuado que tenga un punto de ebullición más alto que el segundo refrigerante y no se congela cuando se acopla con el segundo refrigerante más frío.

Las figuras 4-5 ilustran secciones del sistema 400 configuradas para la carga en línea. Lo siguiente describe componentes a modo de ejemplo y su funcionamiento en el suministro de refrigerantes a una instalación de refrigeración.

Haciendo referencia a la figura 4, se presuriza etileno líquido por medio de la bomba 412 y se transfiere a un intercambiador de calor 426 a través de un dispositivo de control de flujo opcional 428. El intercambiador de calor 426 puede ser cualquier tipo de intercambiador de calor que mantenga los refrigerantes separados (es decir, un dispositivo de intercambio de calor indirecto), tal como un intercambiador de calor de núcleo en caldera o núcleo en recipiente.

El etileno continúa a través del intercambiador de calor 426 en el que el etileno se calienta por propano líquido suministrado desde el contenedor 402 (que se refrigera consiguientemente). Por ejemplo, el etileno se calienta desde aproximadamente $-108,4^{\circ}\text{C}$ hasta aproximadamente $-88,6^{\circ}\text{C}$ y el propano se refrigera hasta aproximadamente $-47,9^{\circ}\text{C}$. El etileno calentado avanza a través del conducto 430 y la presión se reduce a través de una válvula de expansión 432 (por ejemplo, hasta aproximadamente 2 barg). El etileno líquido se transfiere entonces a una unidad de refrigeración de una instalación de LNG, tal como una o más etapas del enfriador brusco 21. Por ejemplo, el etileno líquido se transfiere desde la válvula de expansión 432 a aproximadamente -88°C y aproximadamente 2 barg hasta el enfriador brusco/condensador de etileno de etapa baja 55.

Haciendo referencia a la figura 5, se presuriza propano líquido a través de la bomba 404 y se hace avanzar a través del conducto 406 y a través de un controlador de flujo opcional 434. El propano está aproximadamente a $-42,5^{\circ}\text{C}$ después del bombeo y la caída de presión.

En una realización, el propano se hace avanzar hasta un dispositivo de control de temperatura tal como el conjunto de control de temperatura 424. El propano avanza a través de un conducto 436 hasta el conjunto de calentamiento o de control de temperatura 424. Un ejemplo de conjunto de control de temperatura incluye un intercambiador de calor 438 configurado para transferir calor desde un fluido de calentamiento hasta el propano para calentar el propano a una temperatura deseada. Podría utilizarse cualquier fluido de calentamiento adecuado tal como aire u otros gases, agua, corrientes de proceso de petróleo. En un ejemplo, el fluido de calentamiento es agua combinada con un glicol u otro depresor de punto de congelación para disminuir el punto de congelación de fluido de calentamiento.

En el ejemplo mostrado en la figura 5, una fuente de calor tal como agua caliente se utiliza para controlar la temperatura del fluido de calentamiento en un conducto de bucle cerrado 440 hecho circular usando una bomba 441. El agua caliente (por ejemplo, agua calentada utilizando calor residual de la instalación de LNG) se introduce en un intercambiador de calor 442. Un controlador de temperatura 444 está acoplado operativamente a una válvula de control 446 para permitir el control de flujo de agua caliente a través del intercambiador de calor 442 para controlar así la temperatura del fluido de calentamiento. Por ejemplo, el propano entra en el intercambiador de calor 438 a aproximadamente $-42,5^{\circ}\text{C}$ y se calienta a aproximadamente -35°C . El propano calentado se transfiere a la instalación de LNG a través de un conducto 448 y una válvula de expansión 450 a la instalación de LNG, tal como una o más de las etapas del enfriador brusco 18. Por ejemplo, el propano líquido se transfiere desde el conjunto de control de temperatura a aproximadamente -35°C y aproximadamente 2 barg al enfriador brusco de propano de etapa baja 35.

En una realización, se incluye un segundo conjunto de control de temperatura para controlar o ajustar la temperatura de propano. El segundo conjunto de control de temperatura incluye un conducto de derivación 452 acoplado a una válvula de control 454 que está controlada por un controlador de temperatura 456. El flujo a través de la válvula de control 454 puede controlarse para ajustar la temperatura de propano y/o para controlar el flujo a fin de evitar la vaporación del propano. El controlador de temperatura 456 puede estar acoplado a un controlador de presión 458 para controlar el flujo de propano y el retorno el propano al tanque a través de, por ejemplo, un conducto de retorno 460 y una válvula 462. Debe hacerse notar que el número y la configuración de los conjuntos de control de temperatura no están limitados a las realizaciones aquí descritas.

Las figuras 6-10 ilustran realizaciones de componentes del sistema 400 configurado para cargar inicialmente una instalación de LNG u otra instalación de refrigeración. El proceso de carga inicial puede denominarse primera carga. Las realizaciones permiten la carga de la instalación de LNG utilizando vapor o gas refrigerante y/o utilizando refrigerante líquido. La figura 6 es un esquema que muestra una realización del sistema 400 que puede incluir componentes para la primera carga y componentes para la carga en línea como se discute anteriormente. Como se muestra, el conjunto de calentamiento 424 puede utilizarse para controlar la temperatura del refrigerante de propano y puede configurarse también para proporcionar control de temperatura para el refrigerante de etileno, si se desea. Como se discute adicionalmente más adelante, algunos componentes del sistema 400 pueden utilizarse para ambos procedimientos de primera carga y procedimientos de carga en línea. Lo siguiente describe componentes a modo de ejemplo y su funcionamiento en el suministro de refrigerantes a una instalación de refrigeración.

La figura 7 muestra componentes del sistema 400 configurado para la primera carga de etileno gaseoso. El etileno líquido se presuriza a través de la bomba 412 (por ejemplo, a 19,8 barg) y se transfiere al intercambiador de calor 426. El etileno continúa a través del intercambiador de calor 426 en donde el etileno se calienta por propano procedente del conducto 406. Por ejemplo, el etileno se calienta a aproximadamente -53,5°C, y el propano se refrigera consecuentemente a aproximadamente -58,4°C. La cantidad de calentamiento y refrigeración puede ser controlada vigilando los parámetros de fluido tales como flujo de etileno a través del intercambiador de calor, por ejemplo a través del controlador de flujo 428, y/o vigilando el flujo de propano. El etileno calentado avanza a través del conducto 430 y se desvía hacia un intercambiador de calor y vaporizador 464 a través de un conducto 466, en donde el etileno se calienta adicionalmente (por ejemplo, utilizando agua caliente u otro líquido o, posiblemente, un calentador eléctrico) y se vaporiza. El etileno vaporizado se transfiere entonces a un conducto 468 y la presión se reduce a través de una válvula de expansión 470 (por ejemplo, a aproximadamente 3 barg). El gas de etileno se transfiere a través del conducto 468 a una unidad de refrigeración de una instalación de LNG, tal como una o más etapas del enfriador brusco 21. Por ejemplo, el gas de etileno se transfiere desde la válvula de expansión 470 y se introduce en el enfriador brusco/condensador de etileno de etapa alta 53 a aproximadamente -33°C y aproximadamente 3 barg.

El sistema 400 en esta realización está configurado para presurizar y bombear etileno líquido y vaporizar seguidamente el etileno utilizando un vaporizador adecuado. Esta configuración permite una presurización más rápida del sistema en comparación con otras técnicas o dispositivos y puede cumplir efectivamente restricciones de tiempo para la carga (por ejemplo, puede cumplir fácilmente el objetivo de 24-36 horas para presurización y carga).

La vaporización puede realizarse por el vaporizador 464 mostrado en la figura 7 o por cualquier otro medio. Por ejemplo, el vaporizador podría ser un separador de vapor-líquido incluido con el contenedor de almacenamiento 410, o un dispositivo de vaporización configurado para vaporizar líquido que se acumula en un tambor de extracción (KO).

La figura 8 muestra componentes del sistema 400 configurado para suministrar etileno líquido a la instalación de LNG durante la primera carga. El etileno líquido se presuriza a través de la bomba 412, se calienta en el intercambiador de calor 426 y se transfiere al conducto 430. En una realización, el conjunto de control de temperatura 424 está configurado para controlar adicionalmente la temperatura del etileno líquido a través de un bucle adicional 472 acoplado a un intercambiador de calor 474. De esta manera, el conjunto de control de temperatura 424 puede utilizarse para calentar el etileno y el propano durante la primera carga. El etileno líquido se calienta por el intercambiador de calor 474 y se transfiere a una unidad de refrigeración en la instalación de LNG, tal como el enfriador brusco 21 y/o el enfriador brusco/condensador de etileno de etapa alta 53. Por ejemplo, después de que se complete la primera carga de gas de etileno, el etileno líquido puede introducirse a una presión más alta, tal como aproximadamente 17,8 barg.

Aunque el control de temperatura a través del intercambiador de calor 474 se muestra como parte del conjunto de control de temperatura 424, tal control de temperatura no está así limitado. Por ejemplo, el control de temperatura puede lograrse acoplando un intercambiador de calor controlado por separado u otro dispositivo o conjunto de control de temperatura al conducto 430.

La figura 9 muestra componentes del sistema 400 para la primera carga de gas propano a la instalación de LNG. En una realización, se extrae vapor directamente desde el almacenamiento 402 y se transfiere a través de un conducto 476 a un compresor 478, en donde se presuriza el gas propano. Un intercambiador de calor 480 puede acoplarse al compresor 478 para controlar la temperatura del gas propano. Por ejemplo, la compresión del propano (por ejemplo, de aproximadamente 0 barg a aproximadamente 13 barg) provoca que aumente la temperatura del propano (por ejemplo, a aproximadamente 75°C). El intercambiador de calor 480 puede estar configurado para refrigerar el gas propano utilizando agua fría u otros fluidos, por ejemplo desde aproximadamente 75°C hasta aproximadamente 51°C. El gas propano se transfiere desde el compresor y/o el intercambiador de calor hasta un conducto 482, que transfiere el gas propano a una unidad de instalación de LNG tal como el enfriador brusco 18 (por ejemplo, el refrigerador de etapa alta 33). Puede incluirse una válvula de expansión 484 para reducir la presión. Por ejemplo, la válvula de expansión hace descender la presión desde aproximadamente 12,5 barg hasta aproximadamente 3 barg,

y hace descender la temperatura desde aproximadamente 51°C hasta aproximadamente 35°C.

La figura 10 ilustra el sistema 400 que incluye componentes configurados para la primera carga de la instalación de LNG con propano líquido. La bomba 404 presuriza el propano líquido y el intercambiador de calor 426 y/o el conjunto de control de temperatura 424 se utilizan para controlar la temperatura de propano líquido. Por ejemplo, el propano líquido se presuriza a aproximadamente 13,4 barg y aproximadamente -42,5°C. El líquido se transfiere entonces al conjunto de control de temperatura 424 y se calienta a aproximadamente 35°C. El conducto 448 transfiere el propano líquido a una unidad de LNG tal como el refrigerador de etapa alta 33. En una realización, el propano líquido se carga primero después del llenado con gas propano. El líquido de propano puede introducirse a una presión relativamente alta, tal como aproximadamente 11,4 barg.

5 Haciendo referencia a la figura 11, se describe un método 500 de suministro de refrigerantes a una instalación de refrigeración tal como una instalación de LNG de refrigerante múltiple. El método 500 puede ejecutarse por un usuario y/o uno o más sistemas de procesamiento por ordenador. El método 500 incluye una o más etapas 501-506. En una realización, el procedimiento 500 incluye la ejecución de todas las etapas 501-506 en el orden descrito. Sin embargo, ciertas etapas pueden omitirse, pueden añadirse etapas o puede cambiarse el orden de las etapas.

15 El método 500 se describe en conjunción con realizaciones del sistema de carga o suministro 400, pero puede utilizarse con cualquier sistema de suministro y sistema de refrigeración adecuados para los cuales pueden suministrarse refrigerantes. Además, la siguiente descripción incluye un primer refrigerante descrito como propano y un segundo refrigerante descrito como etileno. Sin embargo, el método no está limitado para uso con estos refrigerantes. Pueden utilizarse cualesquiera refrigerantes adecuados, tales como un primer refrigerante y un segundo refrigerante que tienen diferentes puntos de ebullición.

En la primera etapa 501, un primer refrigerante tal como propano se transfiere desde el contenedor de almacenamiento 402 en forma líquida y se presuriza por medio de la bomba 404.

25 En la segunda etapa 502, un segundo refrigerante tal como etileno, que presenta un punto de ebullición menor que el primer refrigerante, se transfiere desde el contenedor de almacenamiento 410 en forma líquida y se presuriza por medio de la bomba 412.

30 En la tercera etapa 503, el propano y el etileno se canalizan ambos hacia el intercambiador de calor 426. El flujo del etileno y/o el propano a través del intercambiador de calor 426 se controla para vigilar la transferencia de calor desde el propano hasta el etileno y elevar la temperatura del etileno desde la temperatura de almacenamiento hasta una temperatura seleccionada. La temperatura seleccionada puede ser una temperatura de funcionamiento de una unidad de refrigeración de una instalación de LNG o alguna temperatura seleccionada para evitar el choque térmico en la unidad de refrigeración.

35 En la cuarta etapa 504, el etileno se transfiere a la unidad de refrigeración. Después de calentar el etileno utilizando transferencia de calor del propano, la temperatura del etileno puede controlarse además a través de dispositivos de control de temperatura adecuados, tales como intercambiadores o expansores de calor. Además, la presión del etileno puede ser controlada utilizando dispositivos de control de presión adecuados tales como la válvula de expansión 432.

40 En la quinta etapa 505, el propano se canaliza desde el intercambiador de calor 426 hasta un dispositivo o sistema de control de temperatura. El dispositivo de control de temperatura puede ser uno o más dispositivos o sistemas. La temperatura y/o la presión del propano se controlan para poner la temperatura y la presión en línea con los requisitos operativos de la instalación de LNG y/o para evitar el choque térmico. Los dispositivos o sistemas de control de temperatura a modo de ejemplo incluyen el conjunto de control de temperatura 424 y el controlador de temperatura 456.

En la sexta etapa 506, el propano se transfiere desde el dispositivo o sistema de control de temperatura hasta la instalación de LNG. Por ejemplo, el propano se transfiere a una unidad de refrigeración de la instalación de LNG.

45 El método 500 puede emplearse para introducir los refrigerantes a diversas temperaturas y presiones y en diferentes fases (es decir, gas o líquido). De esta manera, los refrigerantes pueden introducirse durante procedimientos de primera carga o en línea después de la primera carga. Además, al menos algunas etapas descritas anteriormente pueden realizarse secuencialmente o al mismo tiempo. Por ejemplo, durante el llenado en línea, el etileno y el propano pueden calentarse y transferirse a la instalación de LNG simultáneamente.

50 Un ejemplo de un procedimiento de primera carga se describe como sigue. En este ejemplo, una instalación de LNG tal como se muestra en las figuras 1 y 2 se llena inicialmente con etileno y propano.

El etileno se presuriza, calienta y transfiere a la instalación de LNG como vapor utilizando el sistema 400. El etileno puede transferirse desde el almacenamiento como vapor, o puede bombearse etileno líquido a un vaporizador, por ejemplo, el vaporizador 464. Después de que se introduzca una cantidad de vapor en la instalación de LNG (por

ejemplo, 18 toneladas) y el sistema de LNG se presuriza suficientemente (por ejemplo, a aproximadamente 5 barg), se presuriza, calienta e introduce etileno líquido a través de, por ejemplo, el conducto 430 y, opcionalmente, utilizando el conjunto de control de temperatura 424. El etileno líquido se introduce en la LNG a una presión operativa adecuada (por ejemplo, aproximadamente 2,5 a 3 barg). La primera carga de etileno puede completarse (159 líquido y 18 vapor) en aproximadamente 24 a 36 horas. La carga en línea posterior puede realizarse bombeando etileno líquido a la instalación de LNG.

Se presuriza, calienta y transfiere propano a la instalación de LNG como vapor utilizando el sistema 400. El propano puede transferirse desde el almacenamiento como vapor, tal como a través del conducto de gas de ebullición 476. Alternativamente, el propano puede bombearse desde el almacenamiento como un líquido y a través de un vaporizador. Después de que el sistema de LNG se presuriza suficientemente (por ejemplo, a aproximadamente 2-3 barg), se presuriza, calienta e introduce propano líquido a través de, por ejemplo, el conjunto de control de temperatura 424. El propano líquido se introduce en la instalación de LNG, por ejemplo a alrededor de 11,6 barg hasta un máximo de alrededor de 23 barg. La primera carga de propano puede completarse (595 líquido y 31 vapor) en alrededor de 24 a 36 horas. La carga en línea posterior puede realizarse bombeando propano líquido a la instalación de LNG.

Las realizaciones descritas proporcionan numerosas ventajas. Los sistemas aquí descritos son capaces de proporcionar refrigerantes del almacenamiento de líquido a una instalación de LNG u otra instalación de refrigeración en un amplio rango de temperaturas y presiones, y como vapor o líquido para evitar daños en el equipo debido al choque térmico. Las realizaciones pueden utilizarse para lograr tanto la primera carga como la recarga en línea, así como la recuperación de vapor de los tanques de almacenamiento para reducir emisiones.

Las realizaciones de control de temperatura proporcionan control mejorado y flexibilidad operativa. Por ejemplo, la capacidad de controlar la temperatura de corrientes de refrigerante utilizadas para la primera carga permite la lenta reducción de la temperatura de una instalación de LNG para evitar el choque térmico. Además, se logra un calentamiento más eficiente con relación a los procedimientos de la técnica anterior debido a la configuración de calentamiento en cascada utilizada en los sistemas descritos aquí, por ejemplo utilizando propano para calentar etileno, glicol para calentar propano, agua caliente para calentar glicol y calor residual de turbina de gas para calentar agua caliente.

Las realizaciones aquí descritas son útiles para aplicaciones en las que el espacio es limitado y el almacenamiento de refrigerantes en localizaciones remotas no es práctico ni deseable. Por ejemplo, las realizaciones permiten que los refrigerantes se almacenen a bajas presiones (por ejemplo, presión atmosférica), lo que aumenta la seguridad y permite que los refrigerantes se almacenen cerca de una instalación de refrigeración. Esto es ventajoso, por ejemplo, para aplicaciones flotantes y plantas costeras en donde las restricciones de espacio en materia de solares hacen difícil el almacenamiento presurizado.

En general, algunas enseñanzas se reducen aquí a un algoritmo que se almacena en medios legibles por máquina. El algoritmo se implementa por el sistema de procesamiento por ordenador y proporciona a los operarios el rendimiento deseado.

En soporte de las presentes enseñanzas, pueden utilizarse diversos componentes de análisis, incluyendo sistemas digitales y/o analógicos. Los sistemas digitales y/o analógicos pueden incluirse, por ejemplo en los diversos dispositivos de bombeo, los controladores de flujo y los dispositivos y conjuntos de control de temperatura aquí descritos. Además, pueden utilizarse componentes de análisis para controladores centralizados a fin de controlar el funcionamiento de los sistemas de carga y suministro aquí descritos. Los sistemas digitales y/o analógicos pueden incluir componentes tales como un procesador, un convertidor analógico a digital, un convertidor digital a analógico, medios de almacenamiento, memoria, entrada, salida, enlace de comunicaciones (cableado, inalámbrico, fango pulsado, óptico u otros), interfaces de usuario, programas de software, procesadores de señal (digitales o analógicos) y otros componentes de este tipo (tales como resistores, condensadores, inductores y otros) para proporcionar funcionamiento y análisis del aparato y métodos descritos aquí en cualquiera de las diversas maneras bien apreciadas en la técnica. Se considera que estas enseñanzas pueden implementarse, pero no es necesario, en conjunción con un conjunto de instrucciones ejecutables por ordenador almacenadas en un medio legible por ordenador, incluyen memoria (ROM, RAM), óptica (CD-ROM) o magnética (discos, discos duros) o cualquier otro tipo que, cuando se ejecutan, hacen que un ordenador implemente el método de la presente invención. Estas instrucciones pueden proporcionar funcionamiento del equipo, control, recogida y análisis de datos y otras funciones consideradas relevantes por un diseñador del sistema, propietario, usuario y otro personal de este tipo, además de las funciones descritas en esta revelación.

Los elementos de las realizaciones se han introducido con el artículo "un" o "una". Los artículos están destinados a indicar que hay uno o más elementos. Los términos "que incluye" y "que tiene" y sus derivados están destinados a ser inclusivos, de tal manera que puede haber elementos adicionales distintos de los elementos enumerados. El término "o" cuando se utiliza con una lista de al menos dos elementos está destinado a indicar cualquier elemento o

combinación de elementos.

5 Aunque la invención se ha descrito con referencia a ejemplos de realización, se entenderá que pueden hacerse diversos cambios y los equivalentes pueden sustituirse por elementos de la misma sin apartarse del alcance de la invención. Además, se apreciarán muchas modificaciones para adaptar un instrumento particular, situación o material a las enseñanzas de la invención sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por tanto, se pretende que la invención no esté limitada a la realización particular descrita como el mejor modo contemplado para llevar a cabo esta invención, pero la invención incluirá todas las realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (400) para suministrar refrigerantes a una instalación de gas natural licuado (LNG), comprendiendo el sistema:

5 un primer conducto (406) en comunicación de fluido con un primer dispositivo de almacenamiento (402) configurado para almacenar un primer refrigerante, teniendo el primer refrigerante una primera temperatura;

un segundo conducto (414) en comunicación de fluido con un segundo dispositivo de almacenamiento (410) configurado para almacenar un segundo refrigerante, teniendo el segundo refrigerante una segunda temperatura diferente de la primera temperatura;

10 un intercambiador de calor (426) configurado para recibir el primer refrigerante del primer conducto (406) y recibir el segundo refrigerante del segundo conducto (414), estando configurado el intercambiador de calor (426) para transferir calor entre el primer refrigerante y el segundo refrigerante;

una primera trayectoria de flujo (448) configurada para hacer avanzar el primer refrigerante hacia la instalación de LNG; y

15 una segunda trayectoria de flujo (430) configurada para hacer avanzar el segundo refrigerante hacia la instalación de LNG;

en el que el primer refrigerante tiene un primer punto de ebullición, el segundo refrigerante tiene un segundo punto de ebullición, el primer punto de ebullición es mayor que el segundo punto de ebullición y la primera temperatura es mayor que la segunda temperatura, caracterizado por que

20 el sistema comprende además un conjunto de control de temperatura (424) configurado para recibir el primer refrigerante del intercambiador de calor (426) y controlar la temperatura del primer refrigerante.

2. Método para suministrar refrigerantes a una instalación de gas natural licuado (LNG), comprendiendo el método:

25 hacer avanzar un primer refrigerante desde un primer dispositivo de almacenamiento (402) hasta un primer dispositivo de bombeo (404), teniendo el primer refrigerante un primer punto de ebullición, estando el primer refrigerante almacenado en el primer dispositivo de almacenamiento (402) a aproximadamente la presión atmosférica y a una primera temperatura;

presurizar el primer refrigerante por el primer dispositivo de bombeo (404) y hacer avanzar el primer refrigerante presurizado hacia un intercambiador de calor (426);

30 hacer avanzar un segundo refrigerante desde un segundo dispositivo de almacenamiento (410) hasta un segundo dispositivo de bombeo (412), teniendo el segundo refrigerante un segundo punto de ebullición que es inferior al primer punto de ebullición, estando el segundo refrigerante almacenado en el segundo dispositivo de almacenamiento (410) a aproximadamente la presión atmosférica y a una segunda temperatura que es menor que la primera temperatura;

presurizar el segundo refrigerante por el segundo dispositivo de bombeo (412) y hacer avanzar el segundo refrigerante presurizado hacia el intercambiador de calor (426);

35 hacer fluir el primer refrigerante presurizado y el segundo refrigerante presurizado a través del intercambiador de calor (426);

calentar el segundo refrigerante presurizado hasta una temperatura seleccionada sobre la base de una transferencia de calor del primer refrigerante al segundo refrigerante en el intercambiador de calor (426);

40 transferir el segundo refrigerante presurizado calentado a un segundo ciclo de refrigeración en la instalación de LNG a través de un dispositivo de control de presión (432) para introducir el segundo refrigerante, presurizado calentado en el segundo ciclo de refrigeración a una temperatura y una presión que están dentro de las limitaciones del equipo del ciclo de refrigeración y que evitan daños térmicos y otros daños al equipo del ciclo de refrigeración; caracterizado por

45 hacer avanzar el primer refrigerante presurizado hacia un dispositivo de control de temperatura (424) y calentar el primer refrigerante presurizado, incluyendo el dispositivo de control de temperatura un intercambiador de calor (442) en comunicación térmica con un ciclo de calentamiento de bucle cerrado configurado para calentar el primer refrigerante presurizado hasta una temperatura adecuada para su introducción en un primer ciclo de refrigeración en la instalación de LNG; y

transferir el primer refrigerante presurizado calentado desde el dispositivo de control de temperatura (424) hasta el

primer ciclo de refrigeración en la instalación de LNG a través de un dispositivo de control de presión (450) e introducir el primer refrigerante presurizado calentado en el primer ciclo de refrigeración a una temperatura y una presión que están dentro de las limitaciones del equipo de ciclo de refrigeración y que evitan daños térmicos y otros daños al equipo del ciclo de refrigeración.

5

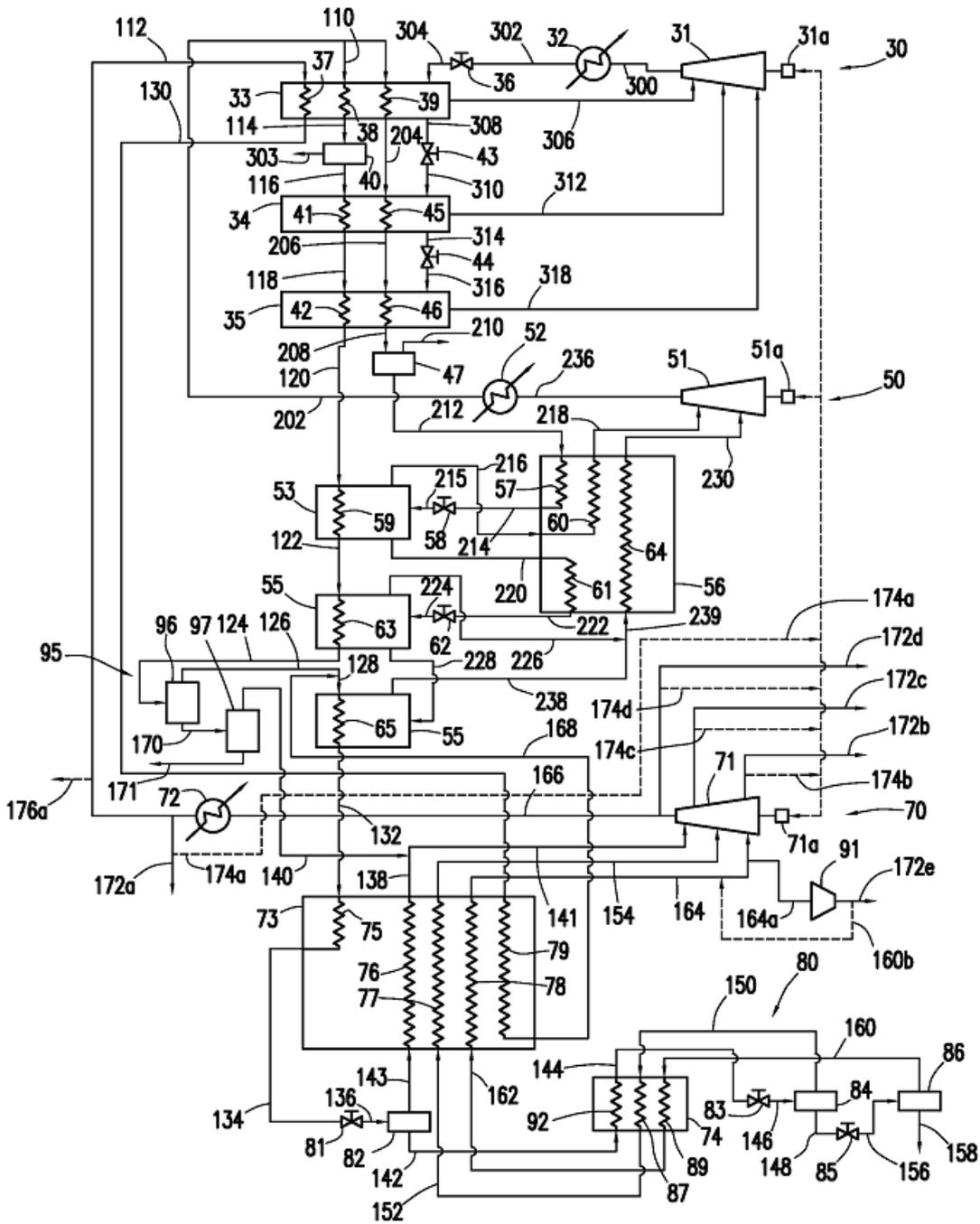


FIG. 2

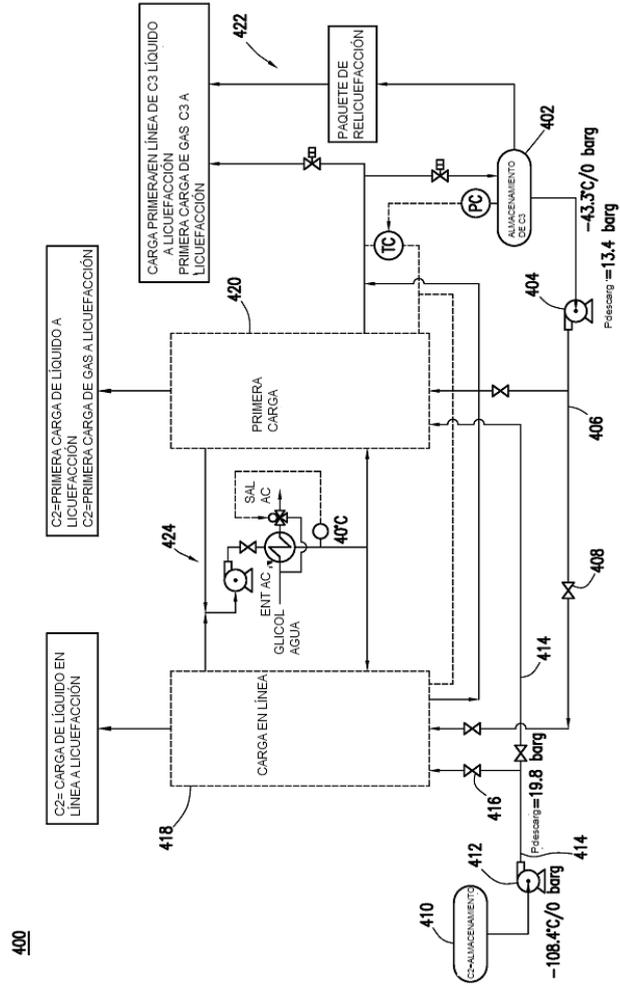


FIG. 3

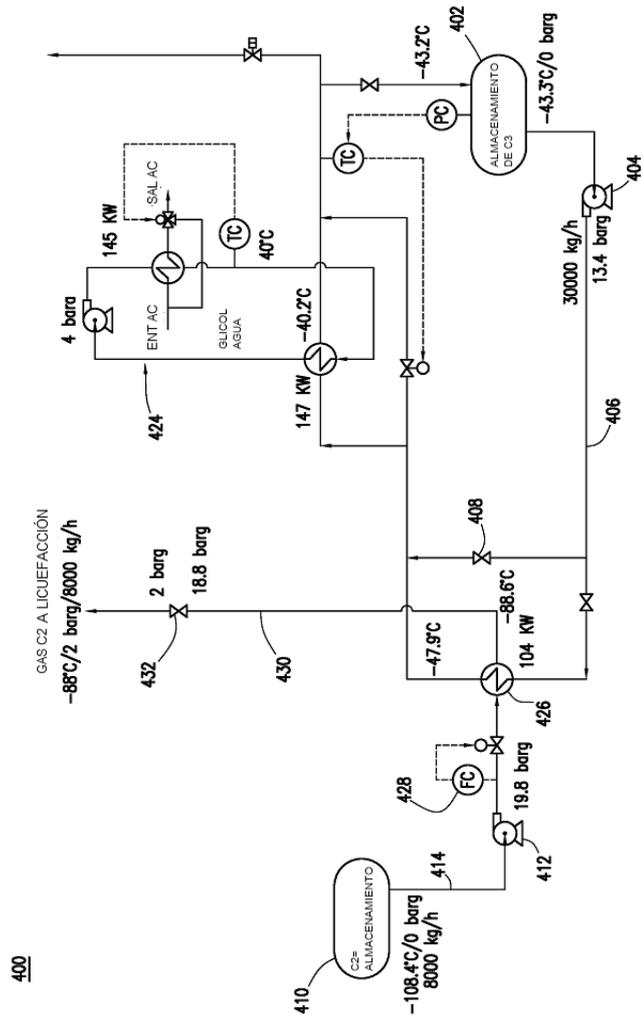
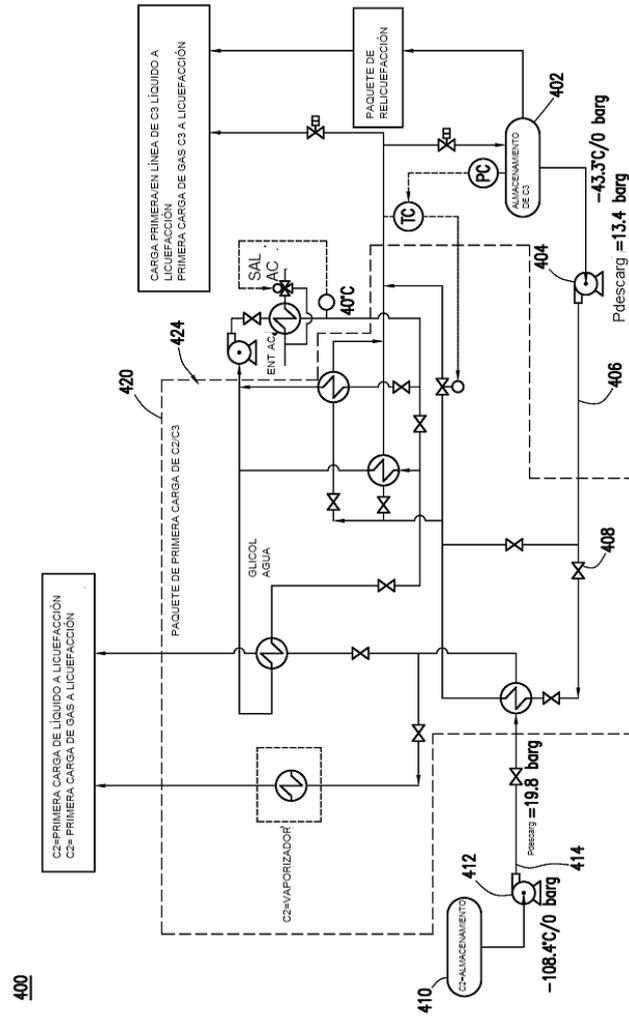


FIG. 4

400



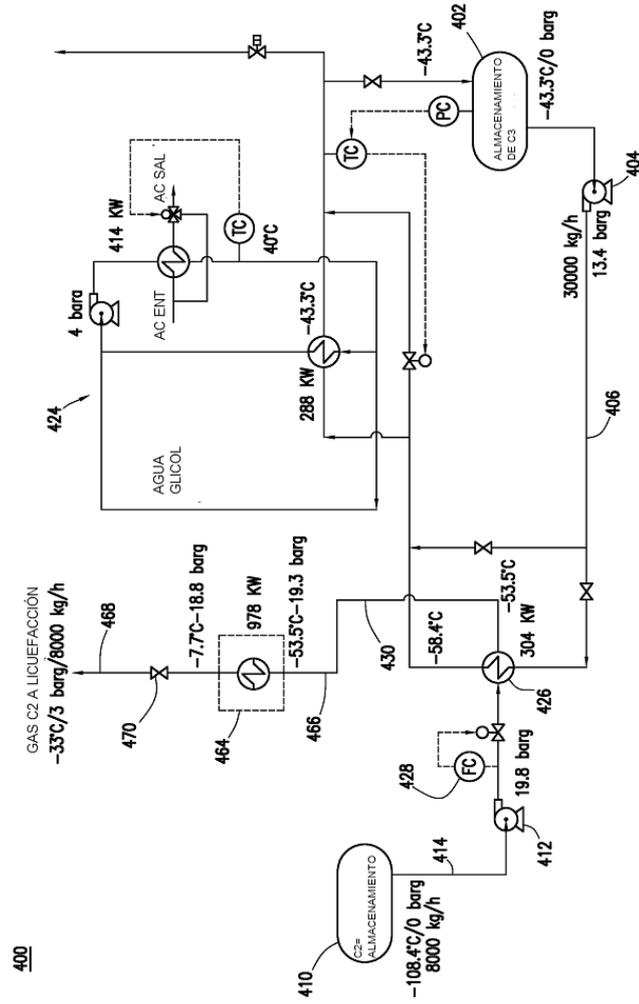
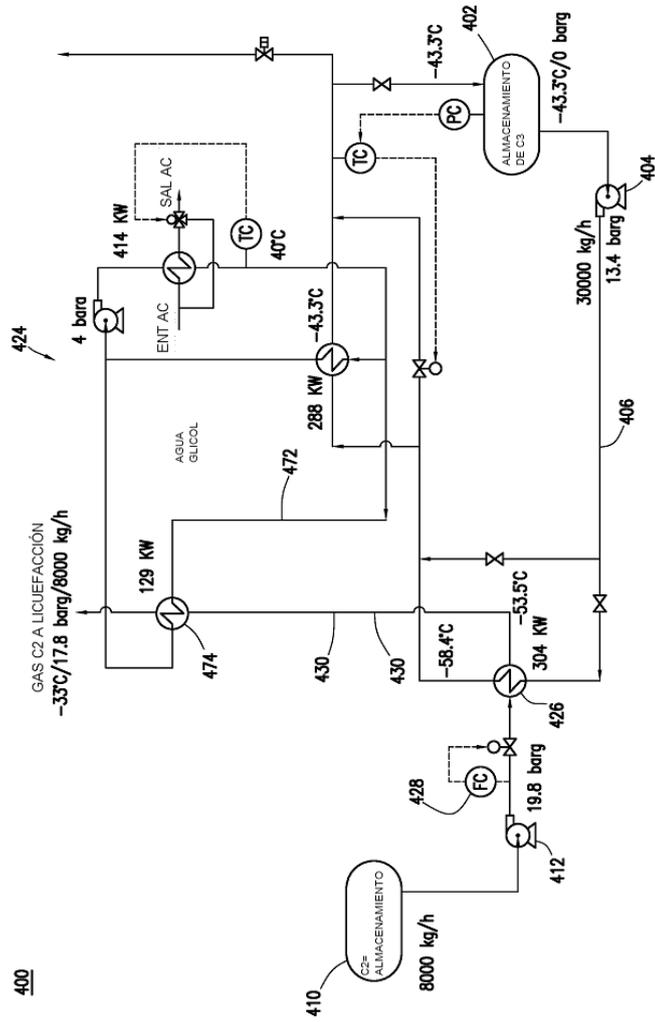


FIG. 7



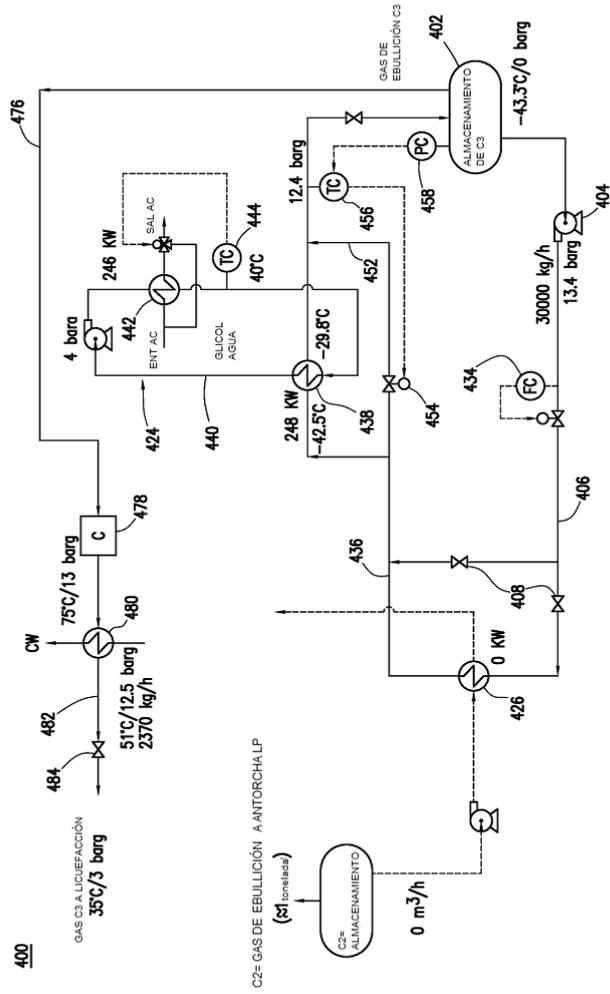
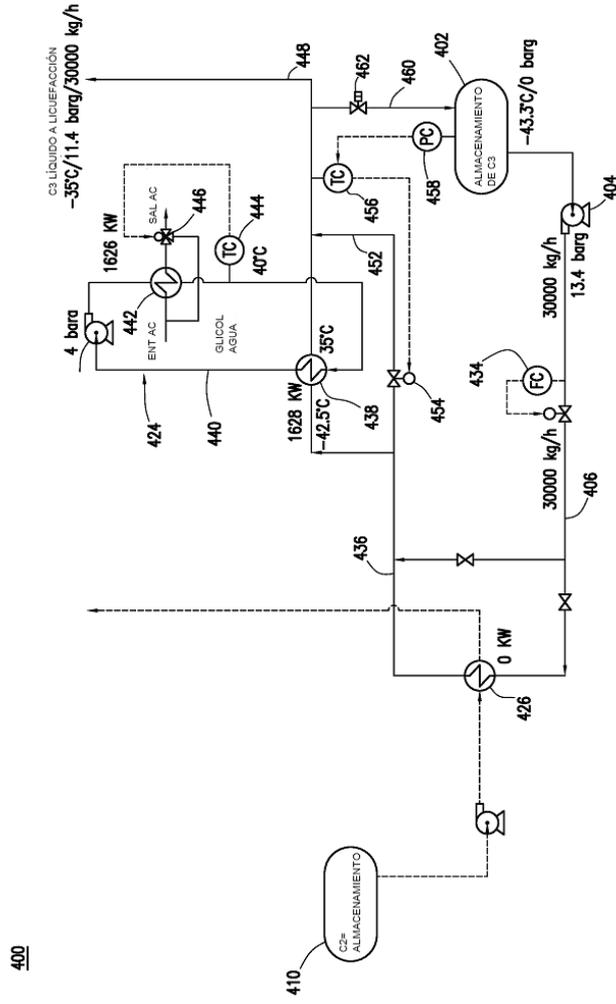


FIG. 9



500

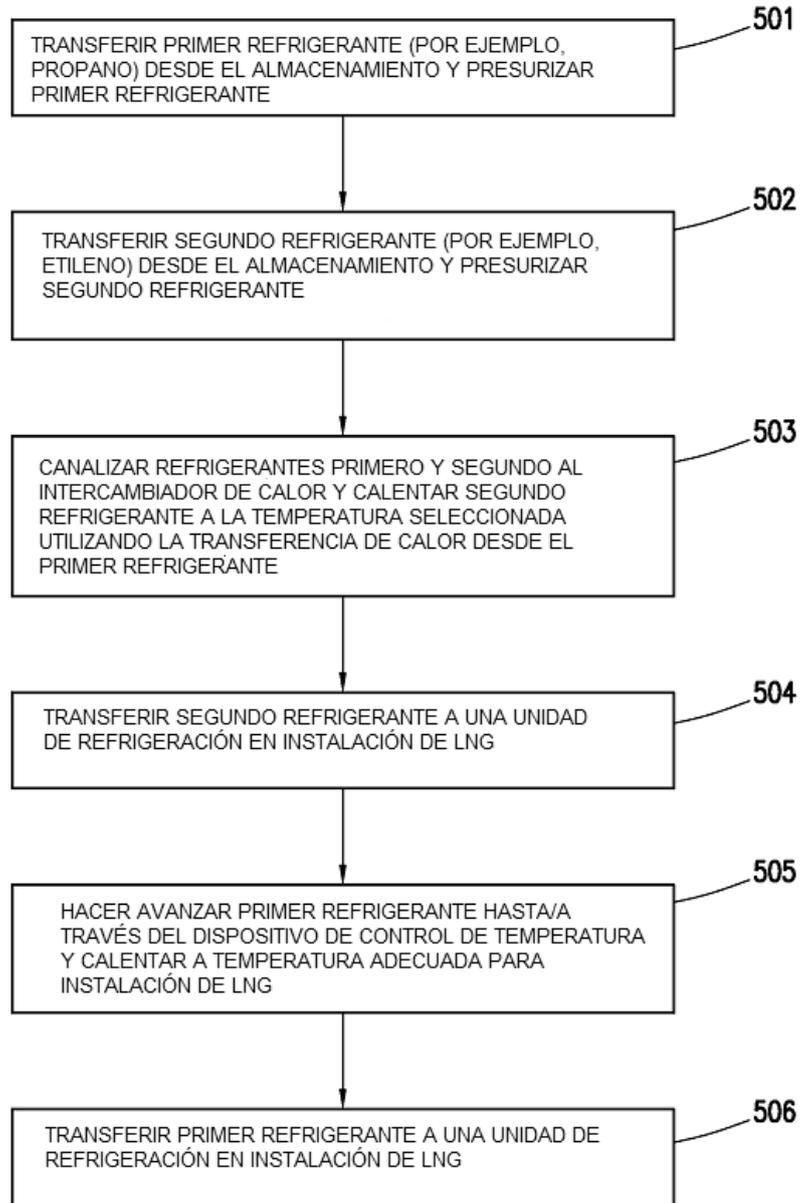


FIG. 11