

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 212**

51 Int. Cl.:

F25J 1/00 (2006.01)

F25J 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.10.2014 PCT/GB2014/053090**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15063453**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2014 E 14790258 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020 EP 3063486**

54 Título: **Método y sistema para la relicuefacción de gas de evaporación**

30 Prioridad:

28.10.2013 GB 201318996

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

15.04.2021

73 Titular/es:

**HIGHVIEW ENTERPRISES LIMITED (100.0%)
Suite A, 6 Honduras Street
London EC1Y 0TH, GB**

72 Inventor/es:

CASTELLUCCI, NICOLA

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 819 212 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

Método y sistema para la relicuefacción de gas de evaporación

5 Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un método y sistema para la relicuefacción de gas de evaporación procesando una corriente de gas hidrocarbonado, una corriente de fluido criogénico y una corriente de gas de evaporación. Más particularmente, la presente invención se refiere a controlar el caudal de la corriente de fluido criogénico basándose en parte en los caudales de las corrientes de gas hidrocarbonado y gas de evaporación.

Antecedentes de la invención

15 El gas natural es una fuente de energía clave para la economía mundial; se estima que el gas natural suministra aproximadamente una quinta parte de las necesidades energéticas mundiales. Esto se compara con un tercio y un cuarto para el petróleo y el carbón, respectivamente. Como suele ocurrir con los productos básicos energéticos a granel, las reservas de gas natural no se encuentran cerca de las principales áreas de demanda, por lo que el gas natural debe transportarse y comercializarse internacionalmente. Aproximadamente el 30% del gas natural producido a nivel mundial se comercializa en el mercado mundial.

20 Los dos principales métodos para transportar el gas natural son: a) transporte en forma gaseosa por gasoductos; y b) transporte en forma líquida como gas natural licuado (GNL) en buques de transporte.

25 Para transportar gas natural en forma líquida como GNL, el gas debe licuarse (es decir, cambiarse de estado gaseoso a estado líquido). La licuefacción de GNL es un proceso intensivo en energía y, por lo tanto, es más económico para el transporte de larga distancia; en particular a través de los océanos. Como resultado, el GNL representa casi las tres cuartas partes del comercio de gas natural a larga distancia. Debido a la energía requerida para su licuefacción, el GNL contiene una gran cantidad de energía fría incorporada que se libera cuando se regasifica (es decir, cambia de su estado líquido después de la licuefacción a su estado gaseoso).

30 El uso de GNL en los últimos años ha aumentado significativamente como parte de la producción y el comercio de gas. El comercio mundial de GNL se ha más que duplicado desde 2000, mientras que el comercio de gasoductos ha aumentado solo alrededor de un tercio.

35 En el mercado de gas natural del Atlántico, el comercio por gasoductos y la producción local de gas tienen una participación de mercado dominante, que tiende a favorecer el comercio entre cuencas; particularmente en el Reino Unido, donde las terminales de importación de GNL han experimentado una disminución en la utilización en los últimos años, con cargas que se desvían hacia Asia-Pacífico en busca de precios más altos. En un mercado tan competitivo, la flexibilidad y la eficiencia de las terminales de importación de GNL es particularmente importante. Por lo tanto, los propietarios de la infraestructura de GNL, como las terminales de importación de GNL, buscan nuevas mejoras en el manejo, almacenamiento y regasificación del GNL.

40 Las terminales de importación de GNL generalmente reciben GNL de un buque de transporte, como un buque de carga especialmente diseñado, y lo bombean a tanques de almacenamiento de baja presión de gran capacidad, donde se almacena a temperaturas criogénicas (alrededor de -163° C). Cuando las condiciones del mercado son favorables, el GNL se bombea a alta presión, se calienta y vaporiza antes de ser exportado a la red de gas. La tasa de exportación, o nominación, depende en gran medida del precio del gas.

45 En los últimos años, el mercado de GNL del Reino Unido ha experimentado precios del gas volátiles, llevando a exportaciones fluctuantes y períodos significativos de nominación de exportación cero de las terminales de GNL. La Figura 6 muestra un perfil de ejemplo del envío de un año desde una terminal de GNL. Estas condiciones requieren que una planta de licuefacción sea lo más flexible y eficiente posible para permitir a los operadores tener el máximo control sobre cuándo y cuánto GNL se exporta, a la vez que maximice la capacidad y la longevidad de almacenamiento.

50 En cualquier proceso térmico, las pérdidas de eficiencia se producen cuando se permite que el calor fluya dentro o fuera del proceso. Debido a las bajas temperaturas involucradas en los sistemas criogénicos, una fuente importante de calor incontrolado es el medio ambiente. Este calor puede introducirse en el sistema a través de las paredes de la tubería y el recipiente. En una infraestructura de GNL, la entrada de calor da como resultado la pérdida de GNL por evaporación. Esto se conoce comúnmente en la industria como boil-off y la fase de vapor resultante como gas de evaporación (BOG).

55 Se entiende ampliamente que durante períodos prolongados, puede perderse una proporción significativa de GNL por evaporación. En un tanque de GNL bien aislado, una tasa de evaporación típica puede ser del 0,05% del volumen por día. Sin embargo, esta tasa puede aumentar hasta 3 veces o más dependiendo del diseño y los

65

requisitos operativos de la planta. La tasa de evaporación puede ser incluso mayor durante los transitorios, como la descarga de una carga de GNL.

5 Además, el GNL es un fluido multicomponente (típicamente compuesto de metano, etano, nitrógeno, propano y butano) y se entiende ampliamente que durante el almacenamiento y manipulación de tales fluidos criogénicos multicomponente, la evaporación puede resultar en un cambio en la concentración de sus componentes. Este es el resultado de las diferentes volatilidades de los fluidos componentes. La entrada de calor hará que los componentes se evaporen a diferentes tasas. Los componentes más volátiles (con temperaturas de saturación más bajas para una presión fija) tenderán a evaporarse primero y, por lo tanto, la fase líquida se concentrará más en los componentes menos volátiles. Esto representa un problema adicional, ya que deben respetarse estrictas normas regionales para la composición del gas natural. Con el tiempo, la evaporación lleva a una costosa degradación de las existencias de GNL. La proporción del valor calorífico y la densidad del gas (el índice de Wobbe) debe controlarse posteriormente mediante la reinyección de los componentes del GNL, típicamente propano y nitrógeno.

15 Por lo tanto, es de vital importancia manipular cuidadosamente las existencias de GNL para minimizar las pérdidas por evaporación.

20 Cuando más alta sea la tasa de flujo de calor en el proceso, más rápida será la tasa de evaporación. En una infraestructura de GNL, la tasa de flujo de calor se minimiza principalmente aislando la infraestructura del entorno ambiental circundante. Por ejemplo, un tanque de GNL típico está bien aislado para minimizar la entrada de calor. Aunque es particular para el diseño y el funcionamiento de la infraestructura, típicamente puede lograrse una limitación adicional de la evaporación a través de la gestión de los niveles de los tanques, la cadencia optimizada de las entregas y el enfriamiento de los sistemas clave.

25 Por ejemplo, durante la descarga de GNL a una terminal de importación, la transferencia de calor de las tuberías calientes al GNL entrante hace que aumente la tasa de evaporación. Esto puede dar como resultado un pico en la tasa de evaporación. A menudo, es preferible mantener las tuberías a temperaturas criogénicas mediante enfriamiento activo. Esto permite que la planta permanezca en estado de disponibilidad, mejorando la reactividad. Esto puede lograrse de manera más efectiva si se hace circular GNL de manera continua a través de las tuberías. Esto representa una compensación, que induce una tasa de evaporación continua más alta para mantener las tuberías a la temperatura operativa.

35 Se aprecia ampliamente que la evaporación no puede eliminarse completamente. Sin embargo, la pérdida de existencias de GNL por evaporación puede eliminarse relicuando el gas de evaporación y devolviéndolo al almacenamiento en su forma líquida. De esta forma se retiene todo el volumen de GNL y se evita la degradación de la composición del GNL, aumentando por tanto la longevidad de las existencias. La relicuefacción se logra comprimiendo, enfriando y, en algunos casos, expandiendo el gas de evaporación. Normalmente, el enfriamiento se logra mediante ciclos de refrigeración de circuito cerrado con un fluido refrigerante. Algunas veces, el gas de evaporación puede emplearse como fluido refrigerante devolviendo una parte de gas de evaporación enfriado o relicuado al sistema para realizar el enfriamiento. El proceso de relicuefacción consume mucha energía y representa un alto costo operativo.

45 Cuando la relicuefacción es demasiado costosa, la totalidad o una parte del gas de evaporación puede utilizarse para compensar los costos operativos de la planta. Los ejemplos incluyen la extracción de calor útil o el trabajo de la combustión. Los beneficios de esta solución varían de acuerdo con las condiciones del mercado, ya que el gas de evaporación usado de esta manera se desvía del mercado de gas. En algunos casos, puede no haber un requisito de energía suficiente de la planta y, a menudo, es más rentable importar energía de fuentes externas.

50 Alternativamente, el gas de evaporación puede enviarse a la red de gas local o regional, pero comprimir el gas de evaporación gaseoso a la presión requerida para la red es costoso. Para reducir los requisitos de energía, el gas de evaporación a menudo se condensa en una corriente de GNL sobreenfriado. El líquido resultante puede bombearse a una presión más alta y gasificarse para lograr la presión de red requerida. Alternativamente, el gas de evaporación puede volverse a licuar en intercambio de calor con una corriente de GNL antes de mezclarse en su fase líquida. En cualquier caso, como el gas de evaporación es más rico en los componentes más volátiles del GNL, la mezcla con GNL permite respetar los criterios de la composición del gas. Sin embargo, durante este proceso, deben añadirse hasta dos unidades o más de GNL regasificado a una unidad de gas de evaporación. Esto a menudo da como resultado una tasa mínima de exportación continua que es considerablemente mayor que la tasa de evaporación real. Esta tasa de envío mínima limita la flexibilidad de la planta para responder a las condiciones del mercado. Además, como para este proceso se requiere la exportación de GNL, es necesario el funcionamiento continuo de la planta de regasificación.

65 Las ventajas de la relicuefacción del gas de evaporación son evidentes. La relicuefacción representa un medio para abordar tanto la pérdida de GNL a lo largo del tiempo a través de la evaporación como la degradación de las existencias de GNL. El operador tiene el máximo control sobre cuándo y cuánto gas se exporta; significativamente, no se requiere al operador exportar gas en condiciones de mercado desfavorables.

Sin embargo, los costes operativos de los procesos de relicuefacción suelen ser prohibitivos, especialmente en grandes infraestructuras con grandes cantidades de tuberías, donde se producen altos niveles de evaporación y donde se emplea refrigeración activa. Estos costos operativos surgen del trabajo requerido por el proceso, que generalmente es proporcionado por motores eléctricos.

5 Un proceso de relicuefacción requiere la entrada de trabajo para comprimir el fluido de trabajo. Luego el fluido se enfría mediante una fuente de frío. Los expertos en la técnica reconocerán que la cantidad de trabajo requerida para lograr el enfriamiento requerido depende de la temperatura de la fuente de frío. Cuando la fuente de frío está a temperatura ambiente, se requiere una mayor cantidad de trabajo. Cuando la fuente de frío está por debajo de la temperatura ambiente, por ejemplo a temperatura criogénica, la cantidad de trabajo requerido se reduce considerablemente.

15 Una fuente de frío en una terminal de importación de GNL es la regasificación del GNL, que se calienta de aproximadamente -163° C a una temperatura cercana a la ambiente. El frío recuperado de este proceso a menudo se disipa como residuo. Sin embargo, si este frío se recupera y recicla en un proceso de licuefacción, el consumo eléctrico del proceso puede reducirse hasta en dos tercios. Este enfoque se ha adoptado en el diseño de licuadores de nitrógeno y plantas de separación de aire integradas en la infraestructura de GNL, algunas de las cuales están en funcionamiento en Japón y Corea.

20 La US 4329842 describe un sistema para utilizar energía fría procedente de la regasificación de GNL en una planta de vaporización de GNL. El GNL se toma de un barco fuente de GNL y se pasa a través de una tubería a través de una planta generadora de aire líquido donde se usa para generar aire líquido para su uso posterior en un sistema de generación de energía.

25 Sin embargo, se ha establecido que la relicuefacción del gas de evaporación es de primordial importancia durante condiciones de mercado desfavorables, en un momento en el que no se dispone del frío de la regasificación del GNL. Esta "antifase" entre la necesidad y la disponibilidad de frío ha impedido hasta ahora que el frío de la regasificación del GNL se use para volver a licuar el gas de evaporación durante tales períodos.

30 La US 3400547 divulga un proceso para utilizar un fluido criogénico para facilitar la generación y transporte de LNG. La energía fría de la evaporación del GNL en un sitio de mercado se utiliza para licuar el nitrógeno, que se transporta al campo. Aquí, la energía fría del nitrógeno licuado se usa para licuar el gas natural y formar GNL, que se transporta de regreso al lugar del mercado.

35 La US2007/0186563 divulga un método de recuperación de frío en un ciclo de gas natural comprimido en frío. La energía fría del gas natural comprimido frío en una cámara se usa para licuar el aire para su almacenamiento, y el gas natural resultante se distribuye a través de una tubería. El gas natural puede extraerse de la tubería, enfriarse usando energía fría del aire licuado y almacenarse en la cámara.

40 Ninguno de estos documentos ofrece una solución a los problemas descritos anteriormente de cómo abordar de manera eficiente el problema de la evaporación. Por consiguiente, se requiere un método y un sistema mejorados para licuar el gas de evaporación que supere los problemas mencionados anteriormente.

45 La US 3768271 B divulga un método y una planta para almacenar y transportar un gas de combustible licuado.

50 La JP 2002 295799 A divulga un tanque de almacenamiento de GNL y un tanque de nitrógeno líquido conectado a un separador de aire. Se bombea nitrógeno líquido en una cantidad apropiada a un intercambiador de calor para generar nitrógeno gaseoso desde el tanque de nitrógeno líquido mientras se vuelve a licuar BOG del tanque de almacenamiento de GNL. Al mismo tiempo, el gas de evaporación de nitrógeno gaseoso se licúa gasificando el GNL del tanque de almacenamiento.

Sumario de la invención

55 La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

En la reivindicación 1 se divulga un método para licuar gas de evaporación de acuerdo con la invención.

60 Realizando los pasos del método de acuerdo con la invención, se consigue un método mejorado de volver a licuar el gas de evaporación mediante la recuperación, almacenamiento y reciclado eficaces en un momento posterior de la energía fría liberada durante la regasificación de un gas hidrocarbonado. En algunas circunstancias, la energía requerida para volver a licuar el gas de evaporación usando el método de la invención puede reducirse a más de la mitad en comparación con los métodos convencionales. Los requisitos de energía para el método de la invención son lo suficientemente bajos como para implementarse en la infraestructura de gas hidrocarbonado existente. Por tanto, el método proporciona una técnica rentable que mejora la flexibilidad de la gestión de la

65

5 exportación de gas hidrocarbonado de acuerdo con las condiciones del mercado; aumenta la longevidad del almacenamiento; y aumenta eficazmente el volumen de almacenamiento de los tanques de gas hidrocarbonado garantizando que no se pierda el gas hidrocarbonado usado en el enfriamiento continuo. Es particularmente ventajoso porque reduce el trabajo requerido para la relicuefacción del gas de evaporación mediante el reciclado del frío disponible en el sitio que de otro modo no estaría disponible cuando fuera necesario.

Una ventaja particular de la presente invención es que el frío de la regasificación del gas hidrocarbonado puede recuperarse, almacenarse y utilizarse en un proceso para volver a licuar el gas de evaporación independientemente de la tasa y el tiempo de recuperación del frío.

10 En particular, almacenando un fluido criogénico licuado en un almacén de fluido y controlando el caudal del fluido criogénico dentro y fuera del almacén, es posible usar el frío recuperado de la regasificación del gas hidrocarbonado licuado mientras se está llevando a cabo el proceso; almacenar el frío recuperado en el almacén de fluido; y utilizarlo cuando sea necesario para volver a licuar el gas de evaporación. Los pasos de almacenar y controlar el fluido criogénico permiten que la energía se transfiera entre dos procesos incluso si esos procesos no se llevan a cabo al mismo tiempo.

15 La presente invención es particularmente útil en terminales de importación de GNL y cualquier otra infraestructura de almacenamiento de GNL con una planta de regasificación, donde el frío de la regasificación del GNL puede recuperarse y utilizarse para la relicuefacción del gas de evaporación. Sin embargo, también sería aplicable a la evaporación de otros sistemas de almacenamiento criogénico de gran volumen donde el frío de la regasificación está disponible periódicamente.

20 Debe tenerse en cuenta que, por conveniencia, la descripción y las reivindicaciones se refieren al fluido criogénico, el gas de evaporación y el gas hidrocarbonado en sus formas gaseosas y licuadas. Debe entenderse que en cada caso se hace referencia al mismo fluido aunque en una fase diferente. Por ejemplo, la invención menciona un fluido criogénico licuado. Se entenderá que este es el estado licuado de la corriente de fluido criogénico gaseoso que también se menciona.

25 También debe tenerse en cuenta que, por consistencia de nomenclatura, el fluido criogénico se describe como tal tanto en su forma gaseosa como licuada, independientemente de la temperatura del fluido. Por tanto, en determinadas circunstancias, el fluido criogénico gaseoso puede estar a una temperatura cercana o superior a la ambiente. Independientemente, en esta solicitud se hace referencia a fluido criogénico porque se utiliza para transferir calor hacia y desde fluidos a temperaturas criogénicas.

30 Finalmente, aunque se aprecia que 'frío' es simplemente la ausencia de energía, más que una forma de energía en sí misma, es conveniente usar la expresión 'energía fría' en un análisis de transferencia de energía en un sistema de energía criogénica porque típicamente se busca conservar temperaturas frías y se busca excluir la entrada de energía térmica. El lector experto apreciará que, en este sentido, la "energía fría" es una ficción conveniente para describir esta tecnología y es análoga a la transferencia y conservación de la energía térmica en sistemas no criogénicos.

35 El método puede comprender además el paso de procesar la corriente de gas de evaporación gaseosa y la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado de tal manera que:

- a) la corriente de gas hidrocarbonado licuado experimenta un cambio de fase de un gas hidrocarbonado licuado a un gas hidrocarbonado gaseoso; y
- b) la corriente de gas de evaporación gaseoso experimenta un cambio de fase de un gas de evaporación gaseoso a un gas de evaporación licuado;

40 en donde el paso de procesamiento comprende transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado.

45 Este método es ventajoso porque permite volver a licuar el gas de evaporación mientras tiene lugar la regasificación del gas hidrocarbonado licuado, así como en un momento posterior usando el frío almacenado en el fluido criogénico. Esto mejora aún más la eficiencia del proceso ya que la energía fría de la regasificación puede usarse para enfriar el gas de evaporación directamente, mientras que el enfriamiento usando el fluido criogénico puede reservarse para cuando no se está llevando a cabo la regasificación.

50 En el caso mencionado anteriormente, los pasos de: a) transferir calor de la corriente de fluido criogénico gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del depósito de gas hidrocarbonado licuado; y b) transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado; puede ser concurrente.

55 Cuando los pasos son concurrentes, la energía fría de la regasificación se usa para volver a licuar el gas de

evaporación y enfriar y licuar el fluido criogénico para su uso posterior. Esto puede ser particularmente preferible si hay un suministro abundante de fluido criogénico; las existencias de fluido criogénico licuado en el almacén son bajas; y/o se espera un gran retraso hasta la próxima regasificación de gas hidrocarbonado.

5 El paso de procesar la corriente de fluido criogénico gaseoso y la corriente de gas hidrocarbonado licuado puede comprender además uno o ambos de los pasos de: expandir la corriente de fluido criogénico gaseoso después de la transferencia de calor; y comprimir la corriente de fluido criogénico gaseoso antes de la transferencia de calor. La corriente de fluido criogénico gaseoso puede comprimirse a una presión supercrítica.

10 En ciertas circunstancias, la propia transferencia de calor es suficiente para efectuar el cambio de fase de líquido a gas y viceversa. En estas circunstancias, un fluido entrará en un intercambio de calor (por ejemplo) en la fase líquida y saldrá en la fase gaseosa mientras que el otro entrará en el intercambio de calor en la fase gaseosa y saldrá en la fase líquida. Sin embargo, en la práctica esto no siempre es posible o conveniente, y el proceso se hace más eficiente mediante uno o ambos de comprimir y expandir uno o más de los fluidos antes y después de la transferencia de calor. En el presente caso se ha encontrado ventajoso expandir el fluido criogénico gaseoso después de la transferencia de calor para lograr la licuefacción y comprimir el fluido criogénico gaseoso antes de la transferencia de calor.

20 El método puede comprender además los pasos de hacer pasar la corriente de gas hidrocarbonado licuado a través de la primera y la segunda ramificaciones. En ese caso, el paso de transferir calor de la corriente de fluido criogénico gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado puede comprender además:

25 transferir calor a una corriente de gas hidrocarbonado licuado en la primera ramificación de la corriente de fluido criogénico gaseoso antes de la compresión; y transferir calor a una corriente de gas hidrocarbonado licuado en la segunda ramificación de la corriente de fluido criogénico gaseoso después de la compresión.

30 Preferiblemente, el método comprende además combinar las corrientes de gas hidrocarbonado gaseoso en la primera y segunda ramificaciones.

35 El paso de la corriente a través de la primera y la segunda ramificaciones permite que la energía fría transferida del gas hidrocarbonado licuado se utilice en más de un lugar. En particular, es ventajoso que el gas criogénico gaseoso se enfríe inicialmente, por ejemplo antes de la compresión, y luego se someta a un enfriamiento enfriamiento posterior para licuar el gas criogénico. Al proporcionar una primera y una segunda corriente de gas hidrocarbonado licuado, ambas etapas de enfriamiento pueden lograrse mediante la energía fría del proceso de regasificación.

40 Se entenderá que el gas hidrocarbonado encuentra muchos usos en propiedades comerciales y residenciales, así como en la industria y las propias plantas. Preferiblemente, el método comprende además el paso de suministrar la corriente de gas hidrocarbonado gaseoso a un recipiente como uno o más de: una red de tuberías de hidrocarburos; una central eléctrica; y un consumidor de gas hidrocarbonado gaseoso.

45 Preferiblemente, el método comprende además el paso de recoger la corriente de gas de evaporación gaseoso, como recoger el gas de evaporación del almacén de gas hidrocarbonado licuado y/o recoger el gas de evaporación de un almacén, conducto o punto de recogida acoplado al almacén de gas hidrocarbonado licuado. La evaporación puede producirse en cualquier lugar donde haya gas hidrocarbonado licuado y haya riesgo de que se caliente por un aislamiento insuficiente. El experto en la técnica está familiarizado con los métodos para recoger esta evaporación de toda la infraestructura, donde sea que se produzca, incluso muy lejos del tanque, y por lo tanto puede aumentarse la eficiencia.

55 El paso de transferir calor de la corriente de fluido criogénico gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado puede ser directo, o puede comprender transferir calor de la corriente de fluido criogénico gaseoso a un fluido de transferencia de calor en un circuito de refrigeración de ciclo cerrado y enfriar el fluido criogénico gaseoso a una temperatura por debajo de la temperatura de saturación del gas hidrocarbonado licuado; y transferir calor desde el fluido de transferencia de calor al circuito de refrigeración de ciclo cerrado a la corriente de gas hidrocarbonado licuado.

60 La transferencia de calor tiene lugar indirectamente a través de uno o más circuitos de refrigeración (o equivalente), en donde el frío de una corriente fuente se pasa a una o más corrientes intermedias de fluido de transferencia de calor antes de alcanzar su corriente de destino. En el método de acuerdo con la invención, el frío de la corriente de gas hidrocarbonado licuado (es decir, la corriente fuente) se pasa a un circuito de refrigeración de ciclo cerrado antes de alcanzar la corriente de fluido criogénico gaseoso (es decir, la corriente de destino). El circuito de refrigeración de ciclo cerrado también puede implicar expandir y comprimir el fluido de transferencia de calor para obtener las temperaturas requeridas.

65

En los casos en que el calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso se transfiere a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacenamiento de gas hidrocarbonado licuado, el paso de transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado puede comprender además:

5 transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso al fluido de transferencia de calor en el circuito de refrigeración de ciclo cerrado; y
transferir calor del fluido de transferencia de calor en el circuito de refrigeración de ciclo cerrado a la corriente de gas hidrocarbonado licuado.

10 Se apreciará que la corriente de destino para la energía fría que pasa de la corriente fuente a través de una o más corrientes intermedias puede ser más de una corriente. En el ejemplo preferido, la energía fría se transfiere no solo a la corriente de gas criogénico gaseoso, sino también a la corriente de gas de evaporación gaseoso.

15 Preferiblemente, el método comprende además procesar una corriente de aire ambiental para formar la corriente de fluido criogénico gaseoso. Esto puede implicar, por ejemplo, filtrar la corriente de aire ambiental para eliminar la humedad, el dióxido de carbono y/o los hidrocarburos; y/o comprimir la corriente de aire ambiental. El aire es particularmente ventajoso debido a su abundancia. Esto permite un suministro fácilmente disponible de fluido criogénico gaseoso para su uso bajo demanda.

20 Preferiblemente, el método comprende además hacer pasar la corriente de fluido criogénico licuado a través de un separador antes de que entre en el tanque de fluido criogénico licuado para separar cualquier fase de vapor residual de la corriente de fluido criogénico licuado y devolver la fase de vapor residual a la corriente de fluido criogénico gaseoso.

25 Se apreciará que el fluido criogénico puede sufrir evaporación dentro de la propia infraestructura, en particular antes de que el fluido criogénico licuado entre en el almacén. Además, la licuefacción del fluido criogénico puede no ser 100% eficiente y puede haber fluido criogénico en la fase de vapor o gas incluso después de que se haya procesado la corriente. En estas circunstancias, es particularmente ventajoso separar la fase de vapor o gas y devolverla a la corriente gaseosa de fluido criogénico porque se mejora la eficacia del proceso de licuefacción.

30 Preferiblemente, el método comprende además bombear la corriente de fluido criogénico licuado desde el almacén de fluido criogénico licuado para aumentar su presión antes del paso de transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso a la corriente de fluido criogénico licuado del almacén de fluido criogénico licuado.

35 Preferiblemente, el paso de transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso a la corriente de fluido criogénico licuado del almacén de fluido criogénico licuado da como resultado una segunda corriente de fluido criogénico gaseoso. En ese caso, el método puede comprender además el paso de expandir la segunda corriente de fluido criogénico gaseoso para extraer trabajo de la corriente.

40 El paso de expandir la segunda corriente de fluido criogénico gaseoso para extraer trabajo de la segunda corriente puede realizarse en un dispositivo de expansión de una sola etapa, un dispositivo de expansión de dos etapas o un dispositivo de expansión de múltiples etapas.

45 Preferiblemente, el método comprende además sobrecalentar la segunda corriente de fluido criogénico gaseoso antes de una o más etapas de expansión. La fuente de calor para sobrecalentar el fluido criogénico puede ser el aire ambiental. De lo contrario, puede ser cualquier fuente de calor de un proceso colocalizado con una temperatura de hasta 500° C, por ejemplo.

50 Preferiblemente, el método comprende además el paso de convertir el trabajo extraído de la segunda corriente en electricidad.

55 Al extraer trabajo del fluido criogénico gaseoso usado para volver a licuar el gas de evaporación, el trabajo requerido por el proceso (como el trabajo realizado para comprimir el fluido criogénico gaseoso y/o bombear el fluido criogénico licuado) puede compensarse. Los pasos para aumentar la presión del fluido criogénico licuado y expandir y sobrecalentar el fluido criogénico aumentan la eficiencia mediante la cual se puede extraer trabajo de la corriente. Este trabajo puede convertirse en electricidad mediante un generador eléctrico.

60 En la reivindicación 2 se divulga un sistema para licuar gas de evaporación de acuerdo con la invención.

La mayoría de las ventajas asociadas con un sistema de acuerdo con la presente invención ya se han descrito anteriormente en relación con el método de acuerdo con la invención. Por tanto, por concisión, no se repiten aquí.

65 La primera y la segunda disposición de conductos pueden disponerse de tal manera que se transfiera calor

de la corriente de gas de evaporación gaseoso que pasa a través de la segunda disposición de conductos a la corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la primera disposición de conductos.

5 La tercera disposición de conductos puede comprender un compresor para comprimir la corriente de fluido criogénico gaseoso. En ese caso, la primera disposición de conductos puede comprender una primera ramificación y una segunda ramificación. La primera ramificación está dispuesta preferiblemente de tal manera que el calor se transfiera a una corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la primera ramificación desde la corriente de fluido criogénico gaseoso que pasa a través de la tercera disposición de conductos en una primera región de intercambio de calor en sentido ascendente del compresor. La segunda ramificación está dispuesta
10 preferiblemente de tal manera que el calor se transfiera a una corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la segunda ramificación desde una corriente de fluido criogénico gaseoso que pasa a través de la tercera disposición de conductos en una segunda región de intercambio de calor en sentido descendente del compresor.

15 La primera y la segunda ramificaciones pueden bifurcarse desde un único conducto en sentido ascendente de la primera y la segunda regiones de intercambio de calor, y recombinarse en un único conducto en sentido descendente de la primera y la segunda regiones de intercambio de calor.

20 La fuente de gas de evaporación puede ser el primer almacén y/o un almacén, conducto o punto de recogida acoplado al primer almacén.

La primera y la tercera disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiera entre la primera y la tercera disposiciones de conductos mediante un circuito de refrigeración de ciclo cerrado que comprende un fluido de transferencia de calor que pasa a través de una quinta disposición de conductos. De acuerdo con la invención, la quinta y la tercera disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiera desde la corriente de fluido criogénico gaseoso que pasa a través de la tercera disposición de conductos al fluido de transferencia de calor que pasa a través de la quinta disposición de conductos. La quinta y la primera disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiera desde el fluido de transferencia de calor que pasa a través de la quinta disposición de conductos a la corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la primera disposición de conductos.
25

30 Si la primera y la segunda disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiera desde la corriente de gas de evaporación gaseoso que pasa a través de la segunda disposición de conductos a la corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la primera disposición de conductos, entonces la primera y la segunda disposiciones de conductos también pueden disponerse de tal manera que se transfiera calor entre la primera y la segunda disposiciones de conductos a través del circuito de refrigeración de ciclo cerrado. En ese caso, la quinta y la segunda disposiciones de conductos pueden disponerse de tal manera que se transfiera calor desde la corriente de gas de evaporación gaseoso que pasa a través de la segunda disposición de conductos al fluido de transferencia de calor que pasa a través de la quinta disposición de conductos.
35

40 Si la primera disposición de conductos comprende una primera y una segunda ramificaciones, entonces la segunda ramificación puede disponerse de tal manera que el calor se transfiera desde el fluido de transferencia de calor que pasa a través de la quinta disposición de conductos a la corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la segunda ramificación.

45 Preferiblemente, la corriente de aire de fluido criogénico gaseoso y la tercera disposición de conductos comprenden además uno o ambos de: un sistema de filtración para eliminar humedad, dióxido de carbono y/o hidrocarburos de una corriente de aire ambiental; y un compresor para comprimir una corriente de aire ambiental.

50 La tercera disposición de conductos puede comprender además un separador en sentido ascendente del segundo almacén para extraer cualquier fase de vapor residual de la corriente de fluido criogénico licuado que pasa a través de la tercera disposición de conductos antes de entrar en el segundo almacén, y un conducto de retorno dispuesto para dirigir el fase de vapor residual extraída de la corriente de fluido criogénico licuado a la corriente de fluido criogénico gaseoso que pasa a través de la tercera disposición de conductos.

55 Preferiblemente, la segunda y la cuarta disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que se transfiera calor entre la segunda y la cuarta disposiciones de conductos en una tercera región de intercambio de calor y la cuarta disposición de conductos comprende además una bomba en sentido ascendente de la tercera región de intercambio de calor para bombear la corriente de fluido criogénico licuado que pasa a través de la cuarta disposición de conductos antes de que pase a través de la tercera región de intercambio de calor.
60

65 Preferiblemente, la tercera región de intercambio de calor está configurada de tal manera que el calor se transfiera desde la corriente de gas de evaporación gaseoso que pasa a través de la segunda disposición de conductos a la corriente de fluido criogénico licuado que pasa a través de la cuarta disposición de conductos para producir una segunda corriente de fluido criogénico gaseoso. En ese caso, la cuarta disposición de conductos comprende además un dispositivo de expansión para expandir la segunda corriente de fluido criogénico gaseoso y

extraer trabajo de la segunda corriente de fluido criogénico.

El dispositivo de expansión puede ser un dispositivo de expansión de una única etapa, un dispositivo de expansión de dos etapas, o un dispositivo de expansión de múltiples etapas.

Preferiblemente, la cuarta disposición de conductos está acoplada a uno o más sobrecalentadores, en donde cada sobrecalentador está o en sentido ascendente de la primera etapa del dispositivo de expansión o entre etapas del dispositivo de expansión. En un ejemplo, si el dispositivo de expansión tiene tres etapas de expansión, y el fluido que pasa a través de él se sobrecalienta antes de pasar por cada etapa, entonces el sistema comprenderá un primer sobrecalentador en sentido ascendente de la primera etapa, un segundo sobrecalentador entre la primera y la segunda etapas, y un tercer sobrecalentador entre la segunda y la tercera etapas. En este contexto, los términos "en sentido ascendente" y "entre" no excluyen la posibilidad de que haya otros componentes (válvulas, y similares) entre un sobrecalentador y una etapa respectiva. Se apreciará que no todas las etapas necesitan tener un sobrecalentador correspondiente. Para una disposición dada en un dispositivo de expansión, puede proporcionarse cualquier número de sobrecalentadores en una disposición apropiada a las circunstancias.

En una realización preferida, la primera, segunda, tercera y cuarta disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que se transfiere calor entre la primera y la tercera disposiciones de conductos, entre la segunda y cuarta disposiciones de conductos, en una única región de intercambio de calor.

Se apreciará que pueden lograrse eficiencias adicionales, tanto en términos de transferencia de calor como de espacio, proporcionando una única región de intercambio de calor para efectuar más de una transferencia de calor entre dos corrientes diferentes. La región de intercambio de calor puede proporcionarse mediante un único intercambio de calor (es decir, de tal manera que la transferencia de calor se efectúe directamente) o mediante una pluralidad de intercambiadores de calor, es decir, de tal manera que la transferencia de calor se efectúe a través del circuito de refrigeración de ciclo cerrado mencionado anteriormente.

Más preferiblemente, la primera, segunda, tercera y cuarta disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que se transfiera calor entre la primera y la segunda disposiciones de conductos en la única región de intercambio de calor.

El circuito de refrigeración de ciclo cerrado mencionado anteriormente puede funcionar usando un ciclo Brayton monofásico y un ciclo Rankine bifásico.

El fluido de transferencia de calor puede ser cualquier fluido con las propiedades termodinámicas apropiadas con respecto a las temperaturas de saturación del gas hidrocarbonado y el fluido criogénico. Por ejemplo, puede usarse nitrógeno o propano, los cuales están típicamente disponibles en una terminal de gas hidrocarbonado.

El fluido criogénico mencionado anteriormente puede ser nitrógeno o aire, preferiblemente aire ambiental. El nitrógeno generalmente está disponible en una terminal de gas hidrocarbonado y requiere un procesamiento mínimo antes de que pueda usarse, mientras que el aire es abundante.

Finalmente, cabe señalar que el gas hidrocarbonado licuado mencionado en la presente es preferiblemente Gas Natural Licuado (GNL). El GNL es el tipo predominante de gas hidrocarbonado en el suministro actual y, por lo tanto, la presente invención encuentra una utilidad particular con el GNL. Sin embargo, la presente invención puede implementarse con cualquier gas hidrocarbonado en el que la relicuefacción o evaporación en cualquier aplicación donde un hidrocarburo que normalmente está en su fase gaseosa en condiciones ambientales se almacena como un fluido criogénico en grandes cantidades y luego se regasifica para su uso.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán realizaciones preferidas de la invención con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 es un diagrama de un sistema de acuerdo con una primera realización de la invención;

La figura 2 es un diagrama de un sistema de acuerdo con una segunda realización de la invención;

La figura 3 es un diagrama de un sistema de acuerdo con una tercera realización de la invención;

La figura 4 es un diagrama de un sistema de acuerdo con una cuarta realización de la invención;

La figura 5 es un diagrama de un sistema de acuerdo con una quinta realización de la invención; y

La figura 6 es un gráfico que representa un ejemplo de envío de gas de una terminal de GNL durante un año.

Descripción detallada de la invención

5 Los presentes inventores han divulgado anteriormente, en la solicitud de patente número WO200709665, un sistema de almacenamiento de energía criogénica que almacena energía usando un fluido criogénico. Los presentes inventores también han descrito, en el número de solicitud de patente del Reino Unido 1305640.3, un método eficiente de refrigeración dentro de un proceso de licuefacción de aire que usa la recuperación de frío del proceso de regasificación de GNL adyacente. Ambas divulgaciones son útiles, pero no necesarias, para poner en práctica la presente invención.

10 Una primera realización de la presente invención usa un fluido criogénico, como aire líquido o nitrógeno líquido, para almacenar el frío de la regasificación de GNL. En la figura 1 se presenta un diagrama de sistema de la primera realización.

15 Durante la regasificación, el GNL se bombea a alta presión y se divide en dos corrientes, por lo que la primera corriente se calienta y vaporiza en intercambio de calor con el fluido criogénico en su fase gaseosa; y la segunda corriente se calienta y vaporiza en intercambio de calor con un refrigerante, típicamente nitrógeno, en un ciclo de refrigeración de circuito cerrado.

20 Las dos corrientes, ahora gaseosas, se fusionan en una única corriente de gas natural gaseoso para la exportación. El gas natural regasificado se envía, como se conoce en la técnica, a un recipiente, que puede formar parte de la infraestructura de GNL o ser una infraestructura o cliente externo. Los ejemplos incluyen, pero no están limitados a: una estación de envío de gas, una red de tuberías, una central eléctrica y una planta embotelladora. La corriente puede dividirse y enviarse a varios destinatarios.

25 Para este proceso, el fluido criogénico se suministra en su forma gaseosa cerca de la temperatura ambiente y se enfría previamente en intercambio de calor con la primera corriente de GNL; comprimido usando un compresor a presión supercrítica; se subenfía en intercambio de calor con el refrigerante en el ciclo de refrigeración de circuito cerrado; y se expande, por lo que se condensa para formar un líquido criogénico.

30 El ciclo de refrigeración de circuito cerrado se usa para enfriar el fluido criogénico a una temperatura por debajo de la temperatura de saturación del GNL. El sistema de circuito cerrado puede ser un ciclo Brayton monofásico en el que el fluido de transferencia de calor se comprime con un compresor; se enfría en intercambio de calor a contracorriente con la segunda corriente de GNL; se expande en un expansor; y calentado en intercambio de calor con el fluido criogénico en fase gaseosa comprimido enfriado previamente.

35 Durante la exportación de GNL, la presente invención usa parte del frío producido por la regasificación del GNL para volver a licuar el gas de evaporación. El gas de evaporación se comprime con un compresor; y se enfría en intercambio de calor a contracorriente con el refrigerante en el ciclo de refrigeración de circuito cerrado, por lo que se condensa en fase líquida.

40 Durante los momentos de exportación cero de GNL (es decir, cuando no se exporta GNL en la red), la presente invención usa el frío almacenado en el fluido criogénico para volver a licuar el gas de evaporación. Por tanto, el gas de evaporación se comprime usando un compresor; y se enfría en intercambio de calor con el fluido criogénico de tal manera que se vuelve líquido.

45 El fluido criogénico calentado por tanto se vaporiza, sobrecalienta; y se expande isentrópicamente a través de una o múltiples etapas de turboexpansión, produciendo trabajo.

50 Durante los momentos de baja exportación de GNL, la presente invención puede usar tanto el frío de la regasificación del GNL como el frío almacenado en el fluido criogénico para volver a licuar el gas de evaporación.

55 El sistema es capaz de funcionar de manera flexible, en diferentes puntos de funcionamiento, alterando el flujo de gas de evaporación (por ejemplo, cambiando el caudal y/o redirigiendo el gas de evaporación como se describe a continuación) y ajustando la función de los compresores de nitrógeno y gas de evaporación en consecuencia.

60 Se proporciona un almacén criogénico (por ejemplo, tanque de almacenamiento) para almacenar el fluido criogénico, permitiendo que el flujo de fluido criogénico hacia adentro y el flujo de fluido criogénico hacia afuera se controlen de manera independiente. Por tanto, la tasa de transferencia de calor entre el fluido criogénico y el GNL, y la tasa de transferencia de calor entre el gas de evaporación y el fluido criogénico del tanque de almacenamiento criogénico, pueden controlarse de manera independiente y dinámica variando el caudal del fluido criogénico hacia adentro y el caudal del fluido criogénico fuera del tanque de almacenamiento criogénico, respectivamente. Por tanto, la regasificación del GNL y la relicuefacción del gas de evaporación pueden producirse de manera independiente en

65

diferentes momentos y a diferentes velocidades.

Como reconocerá un experto en la técnica, cuanto mayor sea el volumen del tanque de almacenamiento criogénico, mayor será el período en el que el gas de evaporación puede volver a licuarse durante momentos de emisión de GNL baja o nula.

Los caudales pueden controlarse en respuesta tanto a los parámetros operativos actuales en tiempo real, como a los parámetros operativos previstos en el futuro para optimizar la gestión de las existencias de GNL en el tanque de GNL. Los parámetros operativos incluyen, por ejemplo, uno o más de la demanda de GNL, la disponibilidad de GNL o fluido criogénico y la tasa de evaporación.

En un ejemplo, el caudal de fluido criogénico líquido que sale del tanque de almacenamiento criogénico puede controlarse en función del flujo medido de gas de evaporación. Alternativamente, si se predice que el período de envío de GNL bajo o nulo será corto, puede ser preferible economizar las existencias de fluido criogénico líquido en el tanque de almacenamiento criogénico y permitir que el gas de evaporación se acumule dentro de los límites de presión del tanque de GNL.

En otro ejemplo, el caudal de fluido criogénico gaseoso puede controlarse en función de la tasa de envío de GNL. Alternativamente, puede reducirse a medida que el tanque de almacenamiento criogénico se acerca a su capacidad máxima.

En una realización, durante el envío de GNL, el gas de evaporación puede mezclarse en su fase gaseosa con el gas natural líquido gasificado en lugar de volver a licuarse.

Volviendo al diagrama del sistema mostrado en la Fig. 1, el gas de evaporación frío, que proviene de un tanque o una cámara, recipiente, colector de GNL o cualquier lugar donde se recoja el gas de evaporación, se extrae a través del conducto 1 por el compresor 3. El gas de evaporación se comprime en el conducto 2 desde la presión de almacenamiento del tanque, que normalmente está justo por encima de la presión ambiente, entre 1 y 10 bar, pero más típicamente entre 3 y 6 bar. En momentos de alta tasa de envío de GNL, ninguna fracción del gas de evaporación se desvía al conducto 42, sino que todo se transporta a través del conducto 4 y se licua y subenfía en el intercambiador de calor 5. El gas de evaporación, que ahora está en su forma líquida, puede usarse por los tanto como GNL, luego se expande a través de un dispositivo de expansión 7, y la bomba 9 lo transporta a un tanque de GNL 11 a través del conducto 10. Para completar, se apreciará que el método de la reivindicación independiente 1 no se realiza si no se transfiere calor de la corriente de gas de evaporación a la corriente de fluido criogénico desde el almacén de fluido.

El nitrógeno, en forma gaseosa, disponible a una presión entre 1 y 16 bar, pero más típicamente de 6 a 9 bar, se extrae a través del conducto 12 y se pasa a través del intercambiador de calor 13 donde se enfría a una temperatura de almacenamiento cercana al GNL. Luego, el nitrógeno se comprime mediante un compresor de una o varias etapas 15 a una presión entre 50 y 70 bar, pero más típicamente de 54 a 60 bar. El nitrógeno, que ahora está por encima de su presión supercrítica, se enfría en el intercambiador de calor 5 a entre -155°C y -185°C , pero más típicamente -165°C y -175°C . Al salir del intercambiador de calor, el nitrógeno pasa a través del conducto 21 y luego se expande por el dispositivo de expansión 22. La fracción líquida obtenida de la expansión isentálpica, que en esta realización es del 100%, pasa a través del conducto 23 para llegar al tanque de almacenamiento de nitrógeno líquido 24.

El enfriamiento al intercambiador de calor 5 es suministrado por el ciclo de refrigeración mostrado entre los intercambiadores de calor 5 y 29, donde un gas refrigerante, típicamente nitrógeno, es comprimido por el compresor 37 entre 4 y 16 bares, pero más típicamente entre 7 y 10 bares, es alimentado al intercambiador de calor 29, en donde se enfría mediante intercambio de calor con GNL a entre -161°C y -140°C , pero más típicamente -156°C . El refrigerante frío pasa a través del conducto 39 para llegar a la entrada del dispositivo de expansión 40, donde el refrigerante se expande entre 1 bar y 7 bar, pero más típicamente de 2 a 4 bar. El refrigerante pasa a través del conducto 41 y se alimenta al intercambiador de calor 5 a una temperatura entre -190°C y -170°C , más típicamente -185°C .

El enfriamiento a los intercambiadores de calor 29 y 13 es suministrado por el GNL que se extrae del tanque de GNL 11 por la bomba de GNL 26, se bombea a una presión entre 60 bar y 150 bar, más típicamente 80 bar y 120 bar. El GNL a alta presión en el conducto 27 se divide luego en dos corrientes. Una proporción del flujo de GNL se dirige al intercambiador de calor 29 a través del conducto 28 y el resto se envía al intercambiador de calor 13 a través del conducto 32. Los conductos 30 y 33 se fusionan entre sí para formar el conducto 34 y transportar el GNL, que ahora está en forma gaseosa., a la red de distribución de gas natural.

De manera similar a cualquier otro producto básico, el GNL está sujeto a una demanda volátil, lo que significa que la tasa de envío puede variar entre el 0% y el 100% de la capacidad máxima de la terminal de regasificación de GNL. Cuando la tasa de envío está por encima de un cierto umbral, hay suficiente frío para licuar la

corriente de gas de evaporación y la corriente de nitrógeno. Sin embargo, cuando la tasa de envío cae por debajo de este umbral, es suficiente apagar el compresor de nitrógeno 15 para ajustar el sistema a las nuevas condiciones de funcionamiento. Sin embargo, el sistema preferido puede ajustarse fácilmente a cualquier nivel de tasa de envío deteniendo completamente el compresor 15 y, si la tasa de emisión de GNL cae aún más, desviando parte del gas de evaporación comprimido al conducto 42. El gas de evaporación se transporta luego al intercambiador de calor 43, en donde se enfría, licúa y subenfria por intercambio de calor con nitrógeno líquido. El gas de evaporación, que está ahora en su forma líquida, se expande luego a través de un dispositivo de expansión 45, y se transporta mediante la bomba 47 a un tanque 11 de GNL a través del conducto 48.

El caudal de nitrógeno líquido que pasa a través del intercambiador de calor 43 es regulado por la válvula de control 50. El nitrógeno sale del intercambiador de calor 43 en el conducto 52 en su forma gaseosa. Luego, el nitrógeno se sobrecalienta en el intercambiador de calor 53 a cualquier temperatura hasta 500^o C y se expande a través de una turbina 55 para recuperar la energía. Dependiendo de la presión y el tipo de máquina empleada, la expansión de la corriente de nitrógeno puede realizarse en una única etapa, dos etapas, como se muestra en la Fig. 1, o varias etapas con intercambiadores de calor intermedios para sobrecalentar el nitrógeno.

El control del sistema se logra usando cualquier controlador convencional que funcione para variar la función del compresor de fluido criogénico gaseoso 15 para controlar el caudal de la corriente de fluido criogénico gaseoso; abrir y cerrar la válvula 50 para controlar el caudal de la corriente de fluido criogénico licuado desde el tanque 24; y, opcionalmente, variar la función del compresor de gas de evaporación gaseoso 3 para controlar el caudal de la corriente de gas de evaporación gaseoso. Sin embargo, otros medios para controlar los caudales de estas corrientes son posibles y están dentro de las capacidades de implementación de un experto en la técnica dependiendo de las circunstancias particulares.

En la Fig. 2 se muestra un diagrama de sistema de una segunda realización de la invención. La segunda realización es idéntica a la primera en todos los sentidos, excepto que el fluido criogénico es aire en lugar de nitrógeno. Por tanto, el conducto 12 ya no transporta nitrógeno gaseoso sino aire ambiental que se ha sometido a un proceso de limpieza, fregado y secado. El aire ambiental se extrae a través del conducto 61, se somete a una primera etapa de limpieza al pasar por el filtro de aire 62, es comprimido por el compresor 64, se envía a la unidad de filtración de aire 66, donde se eliminan la humedad, el dióxido de carbono y los hidrocarburos, antes de emerger como aire limpio y seco en el conducto 12.

En la Fig. 3 se muestra un diagrama de sistema de una tercera realización de la invención. La tercera realización es idéntica a la primera en todos los sentidos, excepto que la fracción líquida obtenida de la expansión isentálpica del nitrógeno no es del 100%, lo que da como resultado una fase de vapor o gas de nitrógeno que existe inmediatamente en sentido ascendente del tanque de nitrógeno 24. Por tanto, en esta realización, se añade un separador 17 entre el tanque 24 y el dispositivo de expansión 22. El líquido y la fracción de vapor obtenidos de la expansión isentálpica pasa a través del conducto 23 para llegar al separador 17, en donde la fracción líquida se transporta a través del conducto 18 al tanque de almacenamiento de nitrógeno 24 y la fracción de vapor se transporta a través del conducto 19 al intercambiador de calor 5. El nitrógeno es calienta por intercambio de calor con nitrógeno caliente entrante y gas de evaporación en el intercambiador de calor 5 y luego se transporta a través del conducto 20 de vuelta al lado de succión del compresor 15 donde se une al nitrógeno entrante en el conducto 12.

En la Fig. 4 se muestra un diagrama de sistema de una cuarta realización de la invención. La cuarta realización es idéntica a la primera en todos los aspectos, excepto que se instala una bomba 35 en sentido descendente de la válvula de control para elevar la presión del nitrógeno licuado del tanque de nitrógeno entre 100 y 200 bares, pero más típicamente 120 bares y 150 bares. El nitrógeno sale del intercambiador de calor 43 a alta presión y entra en el conducto 52 en su forma gaseosa. Luego, el nitrógeno se sobrecalienta en el intercambiador de calor 53 a cualquier temperatura hasta 500^o C y se expande a través de una turbina 55 para recuperar la energía. Dependiendo de la presión y el tipo de máquina empleada, la expansión de la corriente de nitrógeno puede hacerse en una única etapa, dos etapas, como se muestra en la Fig. 4, o varias etapas con intercambiadores de calor intermedios para sobrecalentar el nitrógeno. En esta realización, las turbinas de expansión podrían generar más potencia por unidad de masa de nitrógeno en comparación con la primera realización de esta invención, pero se requeriría un mayor caudal de nitrógeno para licuar el mismo caudal de gas de evaporación.

En la Fig. 5 se muestra un diagrama de sistema de una quinta realización de la invención. La quinta realización es idéntica a la primera en todos los aspectos, excepto que el intercambiador de calor 5 y el intercambiador de calor 43 de las realizaciones anteriores se reemplazan con un único intercambiador de calor 70. En esta realización, el sistema ya no necesita un intercambiador de calor separado para licuar el gas de evaporación cuando se usa nitrógeno líquido.

REIVINDICACIONES

1. Un método para licuar gas de evaporación, que comprende:

5 almacenar un gas hidrocarbonado licuado en un almacén de gas hidrocarbonado licuado (11);
 procesar una corriente de fluido criogénico gaseoso y una corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén
 de gas hidrocarbonado licuado (11), de tal manera que:

- 10 a) la corriente de gas hidrocarbonado licuado experimenta un cambio de fase de un gas hidrocarbonado
 licuado a un gas hidrocarbonado gaseoso; y
 b) la corriente de fluido criogénico gaseoso experimenta un cambio de fase de un fluido criogénico gaseoso a
 un fluido criogénico licuado;

15 en donde el paso de procesamiento comprende transferir calor de la corriente de fluido criogénico gaseoso a la
 corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado (11);
 almacenar el fluido criogénico licuado en un almacén de fluido criogénico licuado (24);
 procesar una corriente de gas de evaporación gaseoso y una corriente de fluido criogénico licuado del almacén
 de fluido criogénico licuado (24) de tal manera que:

- 20 a) la corriente de fluido criogénico licuado experimenta un cambio de fase de fluido criogénico licuado a fluido
 criogénico gaseoso; y
 b) la corriente de gas de evaporación gaseoso experimenta un cambio de fase de un gas de evaporación
 gaseoso a un gas de evaporación licuado;

25 en donde el paso de procesamiento comprende transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso a
 la corriente de fluido criogénico licuado del almacén de fluido criogénico licuado (24);
 almacenar el gas de evaporación licuado en el almacén de gas hidrocarbonado licuado (11);
 controlar el caudal de la corriente de fluido criogénico gaseoso basándose por lo menos en parte en el caudal de
 la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado (11); y
 30 controlar independientemente el caudal de la corriente de fluido criogénico licuado del almacén de fluido
 criogénico licuado (24) basándose por lo menos en parte en el caudal de la corriente de gas de evaporación
 gaseoso; el método **caracterizado porque**
 el paso de transferir calor de la corriente de fluido criogénico gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado
 licuado del almacén de gas hidrocarbonado (11) comprende además:

- 35 transferir calor de la corriente de fluido criogénico gaseoso a un fluido de transferencia de calor en un circuito
 de refrigeración de ciclo cerrado (37, 39, 40, 41) y enfriar el fluido criogénico gaseoso a una temperatura por
 debajo de la temperatura de saturación del gas hidrocarbonado licuado; y
 40 transferir calor del fluido de transferencia de calor en el circuito de refrigeración de ciclo cerrado a la corriente
 de gas hidrocarbonado licuado.

2. Un sistema para licuar gas de evaporación, que comprende:

45 un primer almacén (11) para almacenar gas hidrocarbonado licuado;
 una primera disposición de conductos (30, 33, 34) acoplados al primer almacén (11) y a una red de gas
 hidrocarbonado para suministrar gas hidrocarbonado a un recipiente;
 una segunda disposición de conductos (1, 2) acoplados a una fuente de gas de evaporación y al primer almacén
 (11) para suministrar gas licuado de evaporación al primer almacén (11);
 un segundo almacén (24) para almacenar un fluido criogénico licuado:

50 una tercera disposición de conductos (12, 21) acoplados a una fuente de fluido criogénico gaseoso y al
 segundo almacén (24) para suministrar fluido criogénico licuado al segundo almacén (24);
 una cuarta disposición de conductos (52) acoplados al segundo almacén (24) para suministrar fluido
 criogénico desde el segundo almacén (24); en donde:

- 55 la primera (30, 33, 34) y la tercera (12, 21) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera
 que el calor se transfiere desde una corriente de fluido criogénico gaseoso que pasa a través de la tercera
 disposición de conductos (12, 21) a una corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la
 primera disposición de conductos (30, 33, 34);
 60 la segunda (1, 2) y la cuarta (52) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor
 se transfiere desde una corriente de gas de evaporación gaseoso que pasa a través de la segunda
 disposición de conductos (1, 2) a una corriente de fluido criogénico licuado que pasa a través de la cuarta
 disposición de conductos (52); y
 un controlador configurado para:

65

- 5 a) controlar el caudal de la corriente de fluido criogénico gaseoso que pasa a través de la tercera disposición de conductos (12, 21) basándose, por lo menos en parte, en el caudal de la corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la primera disposición de conductos (30, 33, 34); y
 b) controlar de manera independiente el caudal de la corriente de fluido criogénico licuado que pasa a través de la cuarta disposición de conductos (52) basándose, por lo menos en parte, en el caudal de la corriente de gas de evaporación gaseoso que pasa a través de la segunda disposición de conductos (1, 2);
- 10 y **caracterizado porque** el sistema comprende además una quinta disposición de conductos (39, 41) que está dispuesta como un circuito de refrigeración de ciclo cerrado (37, 39, 40, 41) que comprende un fluido de transferencia de calor que pasa a través de la quinta disposición de conductos, en donde:
 la primera (30, 33, 34) y la tercera (12, 21) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiere entre la primera (30, 33, 34) y la tercera (12, 21) disposiciones de conductos a través del circuito de refrigeración de ciclo cerrado (37, 39, 40, 41), en donde:
- 15 la quinta (39, 41) y tercera (12, 21) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiere desde la corriente de fluido criogénico gaseoso que pasa a través de la tercera disposición de conductos (12, 21) al fluido de transferencia de calor que pasa a través la quinta disposición de conductos (39, 41); y
 20 la quinta (39, 41) y la primera (30, 33, 34) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiere desde el fluido de transferencia de calor que pasa a través de la quinta disposición de conductos (39, 41) a la corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la primera disposición de conductos (30, 33, 34).
- 25 **3.** El método de la reivindicación 1, que comprende además el paso de procesar la corriente de gas de evaporación gaseoso y la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado (11) de tal manera que:
- 30 a) la corriente de gas hidrocarbonado licuado experimenta un cambio de fase de un gas hidrocarbonado licuado a un gas hidrocarbonado gaseoso; y
 b) la corriente de gas de evaporación gaseoso experimenta un cambio de fase de un gas de evaporación gaseoso a un gas de evaporación licuado;
- 35 en donde el paso de procesamiento comprende transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado (11); o el sistema de la reivindicación 2, en donde la primera (30, 33, 34) y la segunda (1, 2) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiere desde la corriente de gas de evaporación gaseoso que pasa a través de la segunda disposición de conductos (1, 2) a la corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la primera disposición de conductos (30, 33, 34).
- 40 **4.** El método de la reivindicación 3, en donde los pasos de:
- 45 a) transferir calor de la corriente de fluido criogénico gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado (11); y
 b) transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado (11);
- son concurrentes.
- 50 **5.** El método de cualquiera de las reivindicaciones 1, 3 o 4, en donde el paso de procesar la corriente de fluido criogénico gaseoso y la corriente de gas hidrocarbonado licuado comprende además los pasos de:
- 55 expandir la corriente de fluido criogénico gaseoso después de la transferencia de calor, y
 comprimir la corriente de fluido criogénico gaseoso antes de la transferencia de calor;
 en donde el paso de comprimir la corriente de fluido criogénico gaseoso antes de la transferencia de calor comprende comprimir la corriente a una presión supercrítica.
- 60 **6.** El método de la reivindicación 5, que comprende además los pasos de hacer pasar la corriente de gas hidrocarbonado licuado a través de la primera (32) y la segunda (28) ramificaciones;
 en donde el paso de transferir calor desde la corriente de fluido criogénico gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado (11) comprende además:
- 65 transferir calor a una corriente de gas hidrocarbonado licuado en la primera ramificación (32) desde la corriente de fluido criogénico gaseoso antes de la compresión; y
 transferir calor a una corriente de gas hidrocarbonado licuado en la segunda ramificación (28) desde la corriente

de fluido criogénico gaseoso después de la compresión a través del circuito de refrigeración de ciclo cerrado (37, 39, 40, 41).

- 5 **7.** El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3 a 6, que comprende además el paso de suministrar la corriente de gas hidrocarbonado gaseoso a un recipiente, en donde el recipiente es uno o más de: una red de tuberías de hidrocarburos; una central eléctrica; y consumidor de gas hidrocarbonado gaseoso.
- 10 **8.** El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3 a 7, que comprende además el paso de recoger la corriente de gas de evaporación gaseoso del almacén de gas hidrocarbonado licuado (11); en donde el paso de recoger la corriente de gas de evaporación gaseoso comprende recoger el gas de evaporación de un almacén o punto de recogida acoplado al almacén de gas hidrocarbonado licuado (11).
- 15 **9.** El sistema de la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en donde la tercera disposición de conductos (12, 21) comprende un compresor (15) para comprimir la corriente de fluido criogénico gaseoso a una presión supercrítica, y un expansor (22) para expandir la corriente de fluido criogénico a presión supercrítica para condensar y formar un líquido criogénico después del intercambio de calor con el fluido de transferencia de calor que pasa a través de la quinta disposición de conductos (39, 41); y en donde la primera disposición de conductos (30, 33, 34) comprende una primera ramificación (32) y una segunda ramificación (28);
- 20 la primera ramificación (32) estando dispuesta de tal manera que el calor se transfiere a una corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la primera ramificación (32) desde la corriente de fluido criogénico gaseoso que pasa a través de la tercera disposición de conductos (12, 21) en una primera región de intercambio de calor (13) en sentido ascendente del compresor (15); y
- 25 la segunda ramificación (30) está dispuesta de tal manera que el calor se transfiere a una corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la segunda ramificación desde la corriente de fluido criogénico gaseoso que pasa a través de la tercera disposición de conductos (12, 21) en una segunda región de intercambio de calor (5, 29) en sentido descendente del compresor (15) a través del circuito de refrigeración de ciclo cerrado (37, 39, 40, 41).
- 30 **10.** El sistema de la reivindicación 9, en donde la primera (32) y la segunda (28) ramificaciones se bifurcan desde un único conducto (27) en sentido ascendente de la primera y la segunda regiones de intercambio de calor, y se recombinan en un único conducto (34) en sentido descendente de la primera (13) y la segunda (5, 29) regiones de intercambio de calor.
- 35 **11.** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 2, 3, 9 o 10, en donde la fuente de gas de evaporación es el primer almacén (11), o un almacén, conducto o punto de recogida acoplado al primer almacén (11).
- 40 **12.** El método de la reivindicación 3, o cualquier reivindicación del método dependiente de la misma, en donde el paso de transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso a la corriente de gas hidrocarbonado licuado del almacén de gas hidrocarbonado licuado (11) comprende además:
- 45 transferir calor desde la corriente de gas de evaporación gaseoso al fluido de transferencia de calor en el circuito de refrigeración de ciclo cerrado; y transferir calor desde el fluido de transferencia de calor en el circuito de refrigeración de ciclo cerrado a la corriente de gas hidrocarbonado licuado; o el sistema de la reivindicación 3, o cualquier sistema de reivindicación dependiente del mismo, en donde la primera (30, 33, 34) y la segunda (2) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiere entre la primera (30, 33, 34) y la segunda (1, 2) disposiciones de conductos a través del circuito de refrigeración de ciclo cerrado, en donde:
- 50 la quinta (39, 41) y la segunda (1, 2) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiere desde la corriente de gas de evaporación que pasa a través de la segunda disposición de conductos (1, 2) al fluido de transferencia de calor que pasa a través de la quinta disposición de conductos (39, 41).
- 55 **13.** El sistema de la reivindicación 9, en donde la segunda ramificación está dispuesta de tal manera que el calor se transfiere desde el fluido de transferencia de calor que pasa a través de la quinta disposición de conductos (39, 41) a la corriente de gas hidrocarbonado licuado que pasa a través de la segunda ramificación.
- 60 **14.** El método de cualquiera de las reivindicaciones 1, 3 a 8 o 12, que comprende además procesar una corriente de aire ambiental para formar la corriente de fluido criogénico gaseoso, en donde el paso de procesar la corriente de aire ambiental comprende uno o ambos pasos de:
- 65 filtrar la corriente de aire ambiental para eliminar la humedad, el dióxido de carbono y/o los hidrocarburos; y comprimir la corriente de aire ambiental; o el sistema de cualquiera de las reivindicaciones 2, 3, 9 a 11, 12 o 13, en donde la corriente de fluido criogénico gaseoso es aire, y en donde la tercera disposición de conductos (12, 21) comprende además uno o ambos de:
- un sistema de filtración para eliminar la humedad, el dióxido de carbono y/o los hidrocarburos de una

corriente de aire ambiental; y
un compresor para comprimir una corriente de aire ambiental.

- 5 **15.** El método de cualquiera de las reivindicaciones 1, 3 a 6, 12 o 14, que comprende además hacer pasar la corriente de fluido criogénico licuado a través de un separador antes de entrar en el tanque de fluido criogénico licuado para separar cualquier fase de vapor residual de la corriente de fluido criogénico licuado, y devolver la fase de vapor residual a la corriente de fluido criogénico gaseoso; o el sistema de cualquiera de las reivindicaciones 2, 3, 9 a 11, o 12 a 14, en donde la tercera disposición de conductos (12, 21) comprende además un separador en sentido ascendente del segundo almacén (24) para extraer cualquier fase de vapor residual de la corriente de fluido criogénico licuado que pasa a través de la tercera disposición de conductos (12, 21) antes de entrar en el segundo almacén (24), y un conducto de retorno dispuesto para dirigir la fase de vapor residual extraída de la corriente de fluido criogénico licuado a la corriente de fluido criogénico gaseoso que pasa a través de la tercera disposición de conductos (12, 21).
- 10
- 15 **16.** El método de cualquiera de las reivindicaciones 1, 3 a 8, 12, 14 o 15, que comprende además bombear la corriente de fluido criogénico licuado desde el almacén de fluido criogénico licuado (24) para aumentar su presión antes del paso de transferir calor desde el corriente de gas de evaporación gaseoso a la corriente de fluido criogénico licuado del almacén de fluido criogénico licuado (24); o el sistema de cualquiera de las reivindicaciones 2, 3, 9 a 11, o 12 a 15, en donde la segunda (1, 2) y la cuarta (52) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiere entre la segunda (1, 2) y cuarta (52) disposiciones de conductos en una tercera región de intercambio de calor (43), y en donde la cuarta disposición de conductos (52) comprende además una bomba en sentido ascendente de la tercera región de intercambio de calor (43) para bombear la corriente de fluido criogénico licuado que pasa a través de la cuarta disposición de conductos (52) antes de pasar a través de la tercera región de intercambio de calor (43).
- 20
- 25 **17.** El método de cualquiera de las reivindicaciones 1, 3 a 8, 12 o 14 a 16, en donde el paso de transferir calor de la corriente de gas de evaporación gaseoso a la corriente de fluido criogénico licuado del almacén de fluido criogénico licuado (24) de tal manera que la corriente de fluido criogénico licuado experimente un cambio de fase de un fluido criogénico licuado a un fluido criogénico gaseoso da como resultado una segunda corriente de fluido criogénico gaseoso, el método comprendiendo además los pasos de expandir la segunda corriente de fluido criogénico gaseoso para extraer el trabajo de la corriente; sobrecalentar la segunda corriente de fluido criogénico gaseoso antes de la una o más etapas de expansión; y convertir el trabajo extraído de la segunda corriente en electricidad; en donde el paso de expandir la segunda corriente de fluido criogénico gaseoso para extraer trabajo de la segunda corriente se realiza en un dispositivo de expansión de una única etapa, un dispositivo de expansión de dos etapas, o un dispositivo de expansión de múltiples etapas; o el sistema de la reivindicación 16, en donde la tercera región de intercambio de calor (43) está configurada de tal manera que el calor se transfiere desde la corriente de gas de evaporación gaseoso que pasa a través de la segunda disposición de conductos (1, 2) a la corriente de fluido criogénico licuado que pasa a través de la cuarta disposición de conductos (52) para producir una segunda corriente de fluido criogénico gaseoso, y en donde la cuarta disposición de conductos (52) comprende además un dispositivo de expansión para expandir la segunda corriente de fluido criogénico gaseoso y extraer trabajo del segunda corriente de fluido criogénico;
- 30
- 35 en donde el dispositivo de expansión es un dispositivo de expansión de una única etapa, un dispositivo de expansión de dos etapas o un dispositivo de expansión de múltiples etapas;
- 40 en donde la cuarta disposición de conductos (52) está acoplada a uno o más sobrecalentador, y donde cada sobrecalentador está en sentido ascendente de la primera etapa del dispositivo de expansión o entre etapas del dispositivo de expansión.
- 45
- 18.** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 2, 3, 9, 10 u 11, que comprende además uno o más intercambiadores de calor (5, 13, 29, 43) en donde el primer(30, 33, 34), la segunda (1, 2), la tercera (12, 21) y la cuarta (52) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiere entre la primera (30, 33, 34) y la tercera (12, 21) disposiciones de conductos, entre la segunda (1, 2) y la cuarta (52) disposiciones de conductos por el uno o más intercambiadores de calor (5, 13, 29, 43).
- 50
- 19.** El sistema de la reivindicación 18, cuando depende de la reivindicación 3 o de cualquier reivindicación dependiente de la misma, en donde la primera (30, 33, 34), la segunda (1, 2), la tercera (12, 21) y la cuarta (52) disposiciones de conductos están dispuestas de tal manera que el calor se transfiere entre la primera (30, 33, 34) y la segunda (1, 2) disposiciones de conductos mediante uno o más intercambiadores de calor (5, 13, 29, 43).
- 55
- 20.** El sistema de la reivindicación 2 o el método de la reivindicación 1, o cualquier reivindicación dependiente de la misma, en donde el circuito de refrigeración de ciclo cerrado funciona usando un ciclo Brayton monofásico y un ciclo Rankine bifásico.
- 60
- 21.** El sistema de la reivindicación 2 o el método de la reivindicación 1, o cualquier reivindicación dependiente de la misma, en donde el fluido de transferencia de calor es uno de nitrógeno o propano.
- 65

22. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 2, 3 o 9 a 21 o el método de cualquiera de las reivindicaciones 1, 3 a 8, 12, 14 a 17, 20 o 21 en donde el fluido criogénico es uno de nitrógeno o aire, preferiblemente aire ambiental.

23. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3 o 9 a 22 o el método de cualquiera de las reivindicaciones 1, 3 a 8, 12, 14 a 17, 20, 21 o 22 en donde el gas hidrocarbonado licuado es gas natural licuado (GNL).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig 1

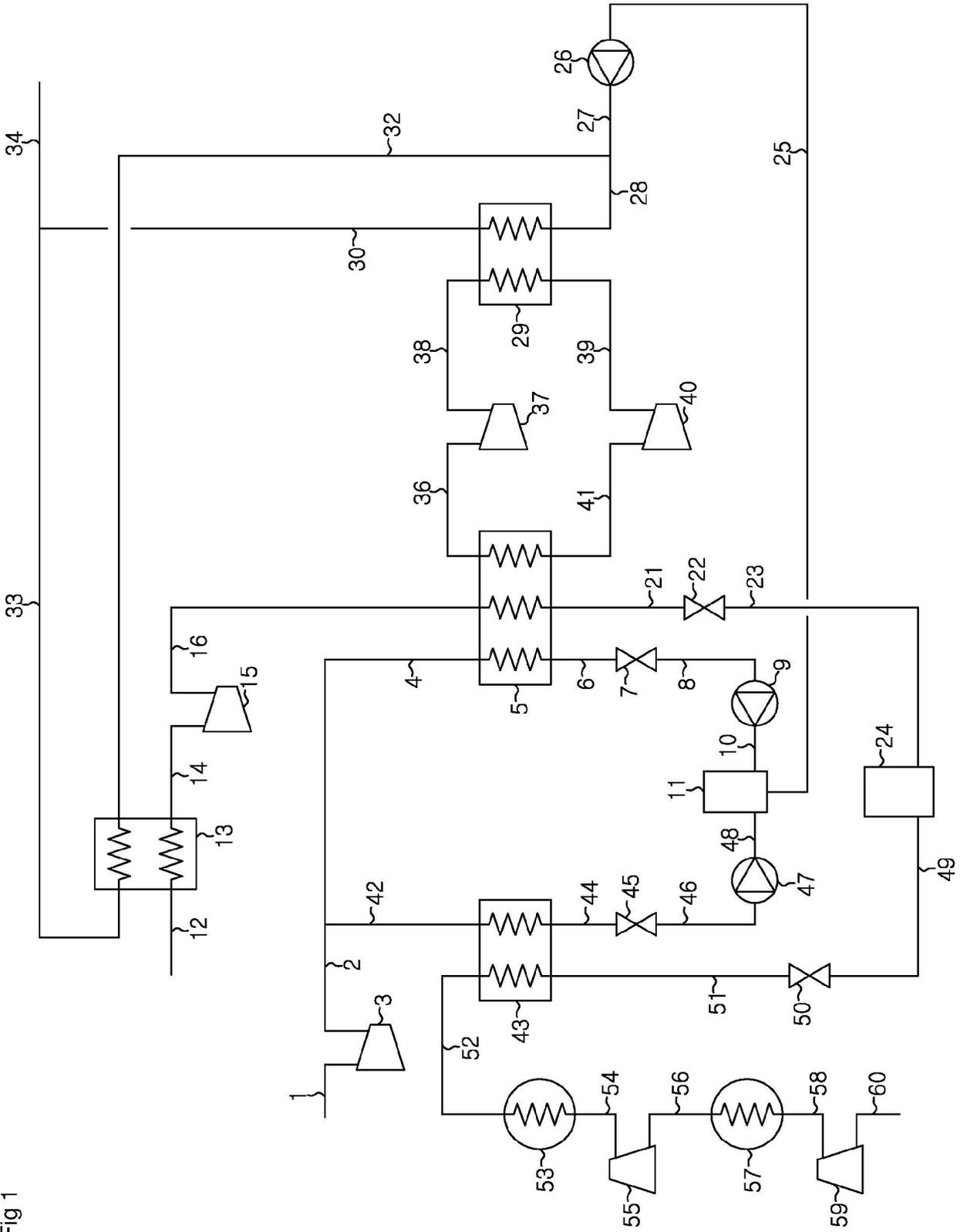


Fig 2

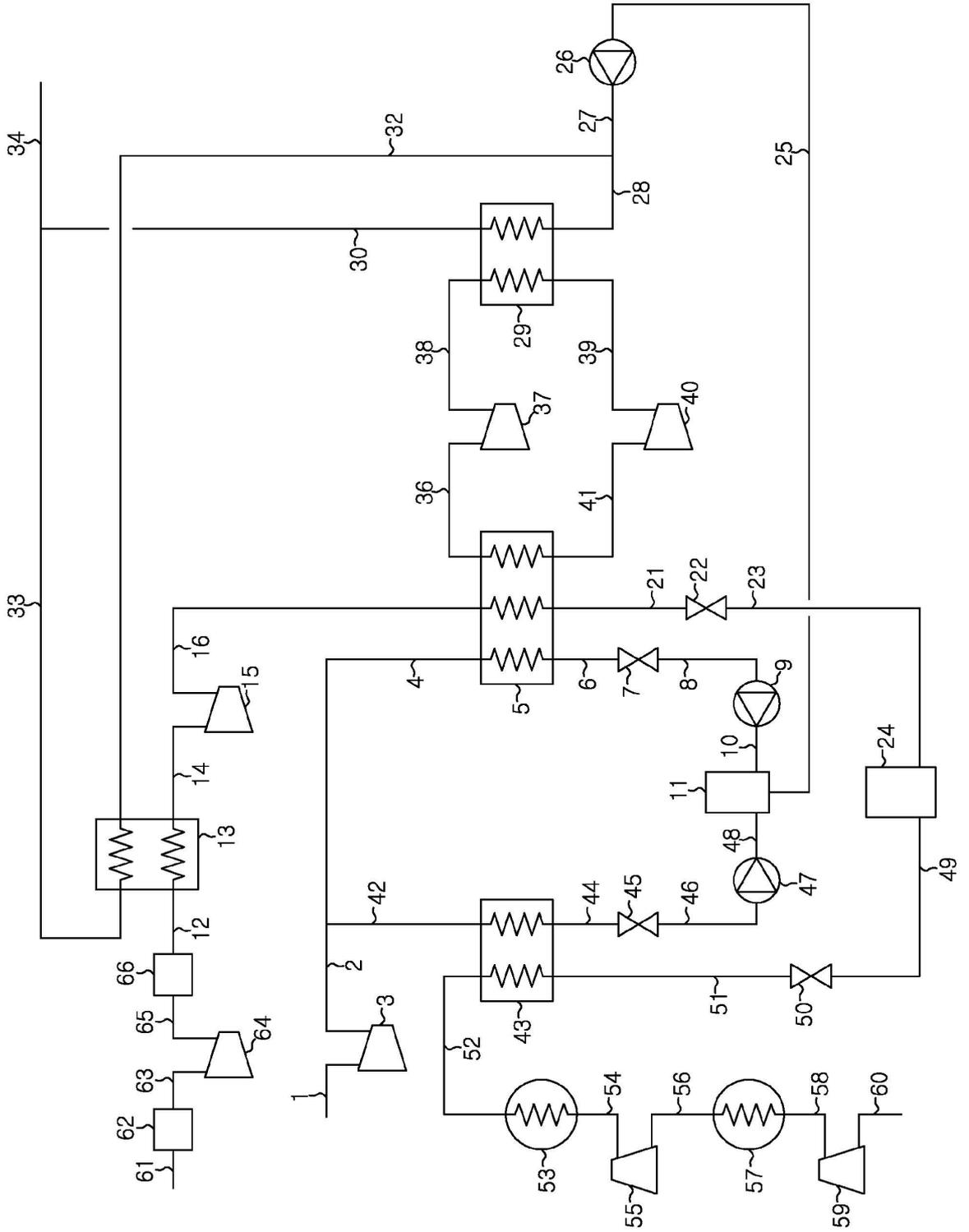


Fig 3

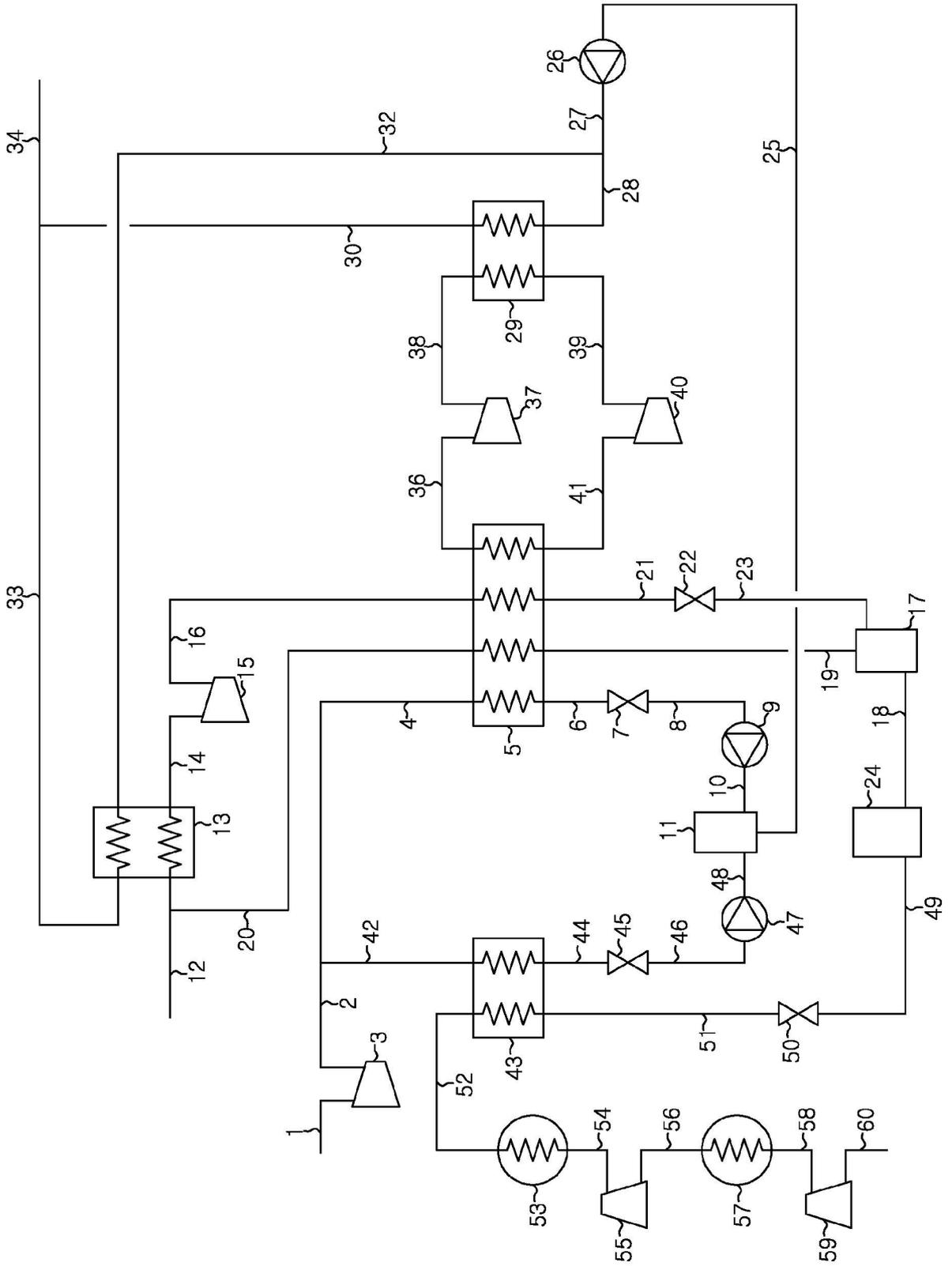


Fig 4

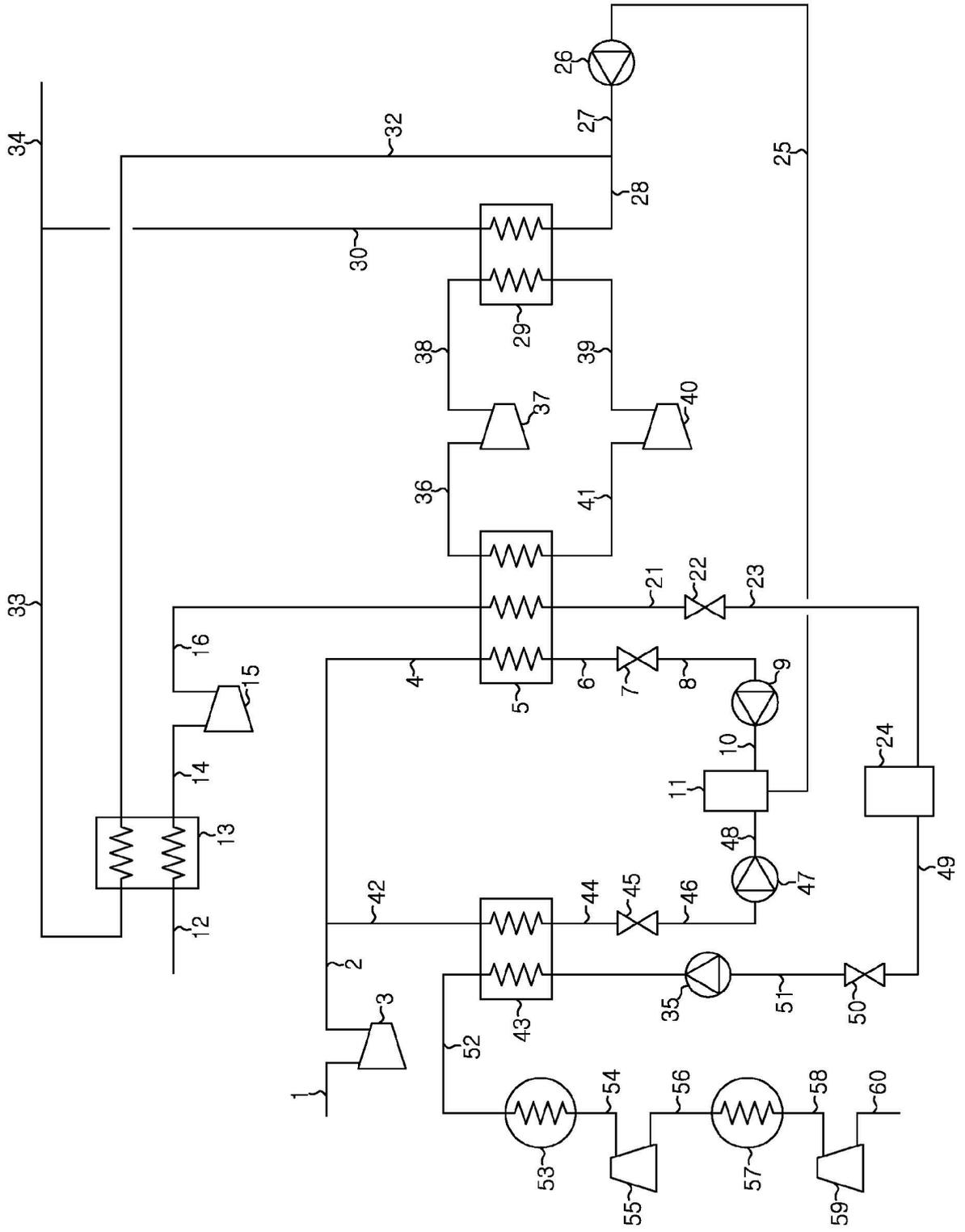
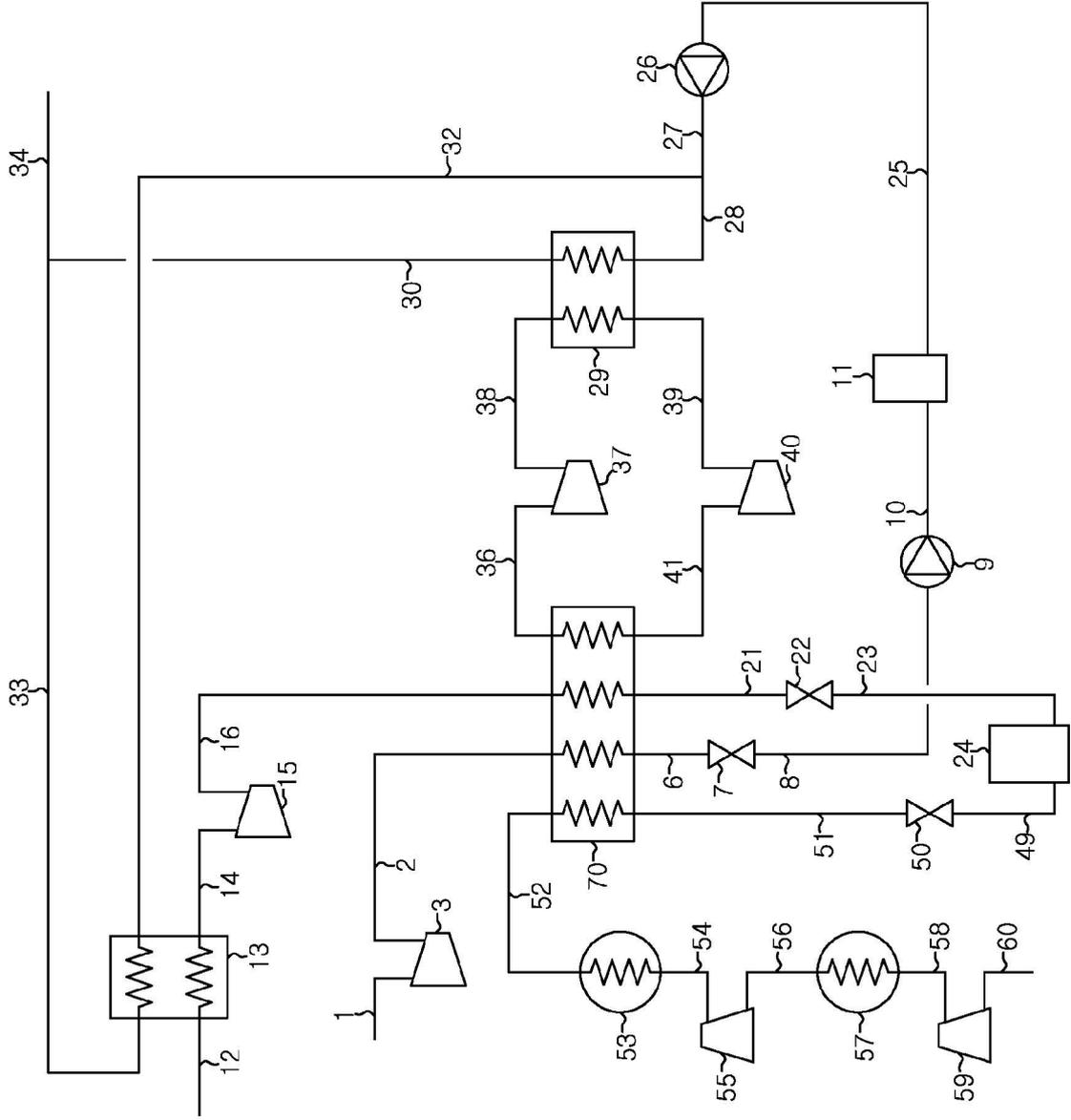


Fig 5



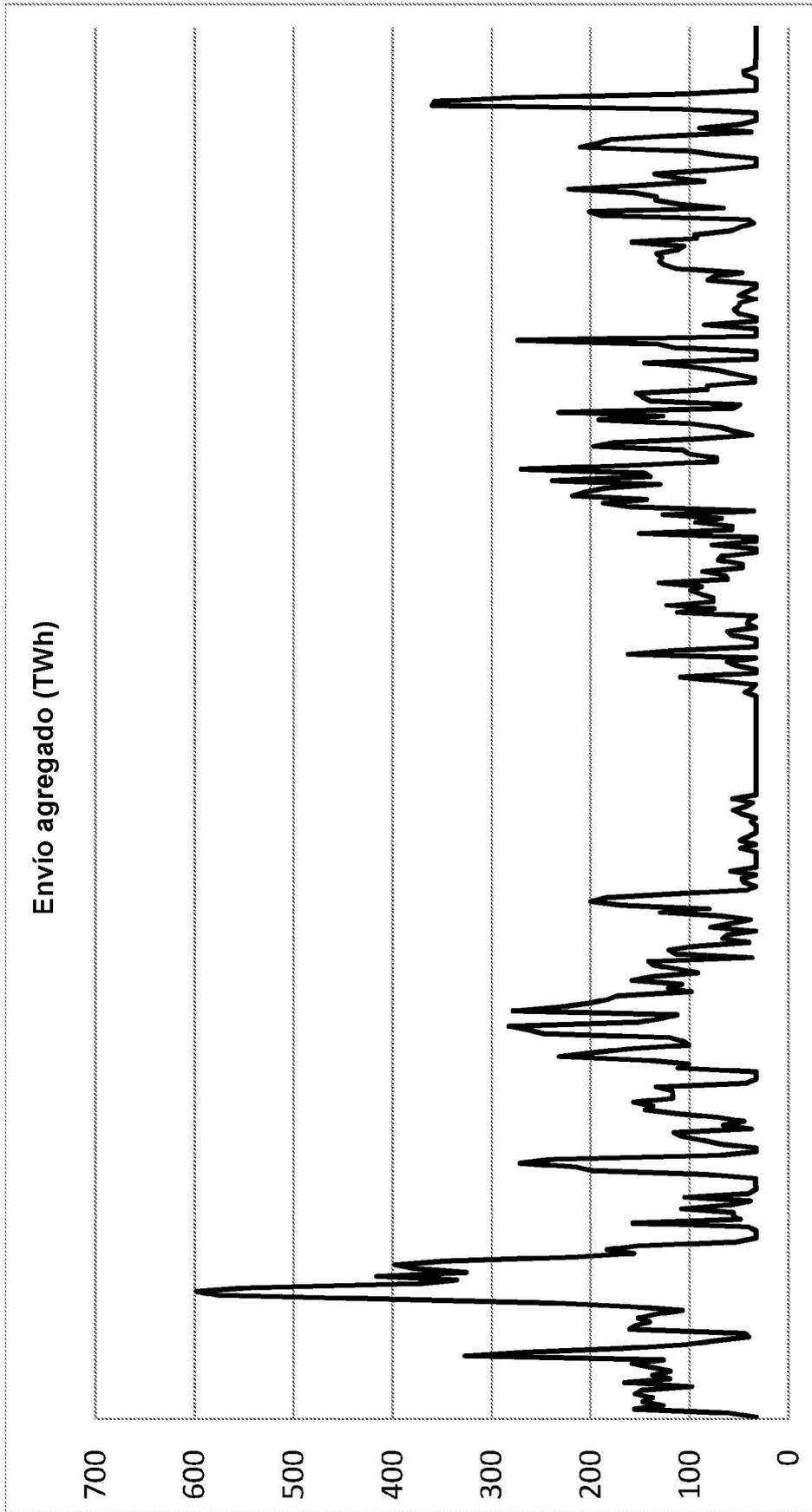


Fig 6