

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 071**

51 Int. Cl.:  
**F17C 13/00** (2006.01)  
**F17C 9/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **01903433 .9**  
96 Fecha de presentación: **31.01.2001**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1254335**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.11.2002**

54 Título: **SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPOR QUE UTILIZA COMPRESOR ACCIONADO POR UN TURBOEXPANSOR.**

30 Prioridad:  
**03.02.2000 US 179760 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**25.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**25.11.2011**

73 Titular/es:  
**GDF SUEZ Gas NA LLC**  
**20 City Square Suite 3**  
**Charlestown MA 02129, US**

72 Inventor/es:  
**JOHNSON, Paul, C. y**  
**STAIBLE, Fred, E.**

74 Agente: **Morales Durán, Carmen**

**ES 2 369 071 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema de recuperación de vapor que utiliza compresor accionado por un turboexpansor.

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de recuperación de vapor para la recuperación del gas que se desprende de una fuente de gas licuado.

10 Cuando el gas licuado tal como el gas natural licuado se almacena en grandes cantidades, por lo general se almacenan en tanques muy grandes de alto aislamiento a muy bajas temperaturas y un poco mayor que la presión atmosférica. La transferencia de calor a través del aislamiento, y el calor generado a partir de varios procesos, hace que el gas licuado hierva o se evapore aumentando la presión dentro del tanque de almacenamiento. El gas por lo general se retira y recupera por un pequeño compresor de evaporación para mantener una presión relativamente constante en el tanque de almacenamiento.

15 Cuando un recipiente de gran tamaño tal como un buque descarga gas licuado en un tanque de almacenamiento, la tasa de vaporización del gas licuado es mucho mayor que en condiciones normales de almacenamiento. Grandes aparatos de recuperación de vapor en esos sistemas también se han empleado. El documento US 3.768.281 describe un método y planta para almacenar y transportar gas combustible licuado con un gas virtualmente inerte en contacto con el mismo. El gas inerte se licua haciendo uso de energía adicional derivada de la evaporación del gas combustible, o de lo contrario el gas combustible evaporado de vuelve a licuar haciendo uso de la evaporación del gas inerte licuado, como sea el caso. Sin embargo, la economía muchas veces no justifica el coste de aumentar la presión del tanque de almacenamiento o la instalación de un gran sistema de recuperación de vapor para manejar las altas tasas de evaporación involucradas en grandes procesos de transferencia, tales como un proceso de descarga de buques. Dependiendo de la frecuencia de los procedimientos de transferencia de gas licuado y el valor del vapor recuperado, ha surgido la necesidad de un sistema de recuperación de vapor que tenga tanto bajo coste de inversión como bajo coste operativo.

20 Una característica de la presente invención es proporcionar un sistema de recuperación de vapor para la recuperación del gas que se desprende de una fuente de gas licuado, que tiene preferiblemente bajo coste de inversión y bajo coste operativo.

25 Sumario de la invención

30 La presente invención se refiere a un método para la recuperación del gas que se desprende de una fuente de gas licuado. El método incluye las etapas de proporcionar una fuente de gas licuado de la que se desprende el gas, y comprimir el gas desprendido con un compresor accionado por un turboexpansor. El compresor constituye una fuente de gas comprimido. El compresor es preferiblemente un compresor centrífugo criogénico de alta velocidad, sin embargo, también se podrían utilizar otros compresores.

35 La presente invención proporciona también un sistema de recuperación de gas. El sistema incluye un recipiente para una fuente de gas licuado de la que se desprende el gas, un compresor en comunicación con una salida del recipiente en el que la salida permite la retirada del gas procedente del recipiente, y un turboexpansor conectado de forma que se pueda accionar al compresor para alimentar el compresor. Aquí, la frase "conectado de forma que se pueda accionar" se refiere a una conexión entre un turboexpansor y un compresor mediante la que se transmite la energía mecánica de la turboexpansor al compresor. El compresor es capaz de aumentar la presión del gas retirado del recipiente y formar una fuente de gas comprimido. El compresor incluye un eje de trabajo y la turboexpansor incluye también un eje de trabajo conectado de forma que se pueda accionar al eje de trabajo del compresor. En una disposición de este tipo, la potencia se transmite desde el eje de trabajo de la turboexpansor al eje de trabajo del compresor.

40 Características y ventajas adicionales de la presente invención se expondrán en parte en la descripción que sigue, y en parte serán aparentes de la descripción, o se pueden aprender por la práctica de la presente invención. Los objetivos y otras ventajas de la presente invención se realizarán y obtendrán por medio de los elementos y combinaciones particularmente indicadas en la descripción escrita y en las reivindicaciones adjuntas.

45 Es de entender que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son meramente ejemplares y explicativas y tienen por objeto proporcionar una explicación más detallada de la presente invención según se reivindica.

50 Breve descripción de los dibujos

55 La invención se puede comprender totalmente con referencia a la figura adjunta. La figura tiene por objeto ilustrar una realización ejemplar de la presente invención, sin limitar el alcance de la invención.

La Figura 1 es un diagrama de flujo esquemático que muestra un sistema de recuperación de vapor de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de la presente invención

5 La presente invención se refiere a un método para la recuperación del gas que se desprende de una fuente de gas licuado. El método incluye las etapas de proporcionar una fuente de gas licuado de la que se desprende el gas, y comprimir el gas con un compresor accionado por un turboexpansor. El compresor forma una fuente útil de gas comprimido. El compresor es preferiblemente un compresor centrífugo criogénico de alta velocidad, aunque se podrían utilizar compresores centrífugos criogénicos de baja velocidad centrífuga y otros.

10 La presente invención proporciona también un sistema de recuperación de gas. El sistema incluye un recipiente para una fuente de gas licuado de la que se desprende el gas, un compresor en comunicación con una salida del recipiente en el que la salida permite la retirada de gas procedente del recipiente, y un turboexpansor conectado de forma que se pueda accionar al compresor para alimentar el compresor. El compresor es capaz de aumentar la presión del gas retirado del recipiente y formar de una fuente de gas comprimido.

15 La presente invención puede ser útil con los vapores de cualquier gas licuado, como por ejemplo, pero sin limitarse a, metano, etano, propano, butano, gas natural, amoníaco, oxígeno, argón, aire, hidrógeno, helio, nitrógeno, cloro, propileno, etileno, y combinaciones de los mismos.

20 Los diversos componentes del sistema de acuerdo con la presente invención, incluyendo el turboexpansor, compresor, recipiente de almacenamiento, tuberías, válvulas, accesorios, y desviadores pueden incluir componentes adecuados utilizados en los sistemas de gas natural licuado (GNL) convencionales. Los componentes ejemplares que se pueden utilizar son los componentes descritos en las Patentes de Estados Unidos N° 4.456.459; 4.548.629; 4.923.492; 4.970.867; 5.006.138; 5.566.555; 5.615.561; 5.649.425; 5.682.766; 5.755.114; 5.950.453; 5.992.175 y 6.007.699.

25 De acuerdo con una realización de la presente invención, el miembro de accionamiento del compresor es preferiblemente un eje de trabajo y el miembro de accionamiento del turboexpansor es preferiblemente un eje de trabajo. Una transmisión de accionamiento se puede proporcionar para transmitir potencia del eje de trabajo turboexpansor al eje de trabajo de compresión para transmitir la fuerza motriz de la turboexpansor al compresor.

30 El turboexpansor se impulsa por una fuente de gas de alta presión. La fuente de gas de alta presión se reduce en presión a una fuente de gas de menor presión como consecuencia de la expansión del gas que impulsa al turboexpansor. La fuente de gas de alta presión puede tener una presión manométrica de gas de aproximadamente 690 KPa (100 libras por pulgada cuadrada manométrica (psig)) a aproximadamente 6895 KPa (1.000 psig), tal como de aproximadamente 3447 KPa (500 psig) a aproximadamente 5171 KPa (750 psig) y una temperatura de aproximadamente -150°C a aproximadamente 300°C, más preferiblemente de aproximadamente 0°C a aproximadamente 200°C. La fuente de gas de baja presión producida por el turboexpansor puede tener una presión manométrica de gas de aproximadamente 34,5 KPa (5 psig) a aproximadamente 3447 KPa (500 psig), tal como de aproximadamente 103 KPa (15 psig) a aproximadamente 1724 KPa (250 psig) y una temperatura de aproximadamente -150°C a aproximadamente 150°C, más preferiblemente de aproximadamente -50°C a aproximadamente 50°C.

35 De acuerdo con la presente invención, la fuente de gas comprimido sale del compresor a una primera presión. La fuente de gas de baja presión producida por el turboexpansor tiene una segunda presión, y las primera y segunda presiones pueden ser sustancialmente las mismas o pueden ser sustancialmente diferentes. El gas comprimido y la fuente de gas de baja presión se pueden combinar para formar una corriente de gas individual, por ejemplo, una corriente de gas de consumo. Aquí, la expresión "corriente de gas de consumo" se refiere a una corriente de gas que tiene una presión que hace a la corriente lista para su uso comercial. La corriente de gas de consumo puede tener una presión de aproximadamente 34,5 KPa (5 psig) a aproximadamente 3447 KPa (250 psig), por ejemplo, de aproximadamente 69,0 KPa (10 psig) a aproximadamente 207 KPa (30 psig) y una temperatura de aproximadamente 0°C a aproximadamente 30°C. El gas y la fuente de gas de baja presión pueden ser el mismo tipo de gas, por ejemplo, ambos pueden ser gas natural. Si la corriente de gas de la turboexpansor y el gas comprimido se van a combinar, entonces el tipo de gas debe ser igual o compatible.

40 Los métodos de la presente invención se pueden utilizar para comprimir una gran variedad de tipos de gases, incluyendo los gases de hidrocarburos tal como metano, etano, propano, butano, y combinaciones de los mismos, en particular del gas natural. Además, los métodos son útiles para el procesamiento de otras fuentes de valor comercial de los gases que se desprenden del oxígeno líquido, hidrógeno líquido, helio líquido, cloro licuado, propileno licuado, amoníaco licuado, etileno licuado, nitrógeno líquido, argón licuado, aire licuado y similares.

45 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el gas comprimido y la fuente de gas de baja presión tiene cada uno una presión mayor que las presiones típicas de la corriente de gas de consumo. Las presiones manométricas del gas comprimido y de la fuente de gas de baja presión pueden ambas estar en el

intervalo de aproximadamente 690 KPa (100 psig) a 2868 KPa (300 psig), por ejemplo, aproximadamente 1379 KPa (200 psig). Si el gas comprimido y la fuente de gas de baja presión se combinan en estas condiciones, la presión de uno o de ambos se ajustan preferiblemente antes de combinarse de manera que las presiones son sustancialmente las mismas. Uno o ambos del gas comprimido y de la fuente de gas de baja presión puede además comprimirse o expandirse para alcanzar la presión deseada. Uno o ambos del turboexpansor y del compresor se pueden diseñar y/o gestionar para producir la misma presión que el otro. A presiones más altas, una corriente combinada podría ser útil como una corriente de gas industrial. La corriente de gas industrial combinado resultante podría ser útil, por ejemplo, para alimentar una planta de energía, o en su lugar podría adicionalmente expandirse o reducirse en presión para producir otras corrientes de gas de consumo. El gas que sale del turboexpansor y/o el gas que sale del compresor pueden tener cualquier tipo de presión deseada para producir una fuente de gas de gran valor comercial. Conociendo la presión deseada, el compresor y turboexpansor se pueden diseñar y/o utilizar para conseguir la presión o presiones deseadas y evitar cualquier necesidad de ajustar aún más la presión para su uso.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el método puede incluir además el calentamiento del gas de la fuente de gas de alta presión hasta una temperatura de aproximadamente 20°C a aproximadamente 300°C, antes de usar la fuente de gas de alta presión para accionar el turboexpansor. El gas comprimido producido por el compresor también se puede calentar, por ejemplo, de aproximadamente -50°C a aproximadamente 100°C, para hacer que el gas comprimido sea más compatible con el gas que se puede combinar con y/o el sistema en el que se transfiere el gas comprimido. Si el método incluye el calentamiento del gas de la fuente de gas de alta presión o el calentamiento de gas comprimido, se pueden utilizar uno o más calentadores adecuados para afectar la demanda de calentamiento apropiada.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, al menos una porción del gas comprimido se puede desviar por un inversor adecuado o con válvula de conexión de regreso a la fuente de gas licuado, lo que aumenta o mantiene la presión de la fuente de gas licuado. En su lugar, o además de, al menos una porción de la fuente de gas de baja presión que resulta de la expansión del turboexpansor se puede desviar a la fuente de gas licuado para aumentar o mantener la presión de la fuente de gas licuado. El gas que sale del turboexpansor y/o compresor se puede utilizar en conjunto con los sistemas de derivación y/o anti bombeo convencionales para controlar la presión en el sistema.

La fuente de gas licuado puede ser un recipiente de almacenamiento o cualquier otro recipiente que contenga gas licuado. Los métodos y sistemas de la presente invención son especialmente útiles en el procesamiento de gas que se desprende en un recipiente de almacenamiento durante o en el tiempo de, la transferencia de gas licuado de un depósito de transporte al recipiente de almacenamiento. Algunos ejemplos de depósitos de transporte incluyen buques cisterna y vagones de ferrocarril. Los métodos y sistemas de la presente invención se pueden utilizar, sin embargo, en cualquier situación o sistema en el que se desprenda gas.

El sistema está provisto preferiblemente con un sistema de baja presión que puede aceptar tanto el gas de baja presión que se ha escapado del turboexpansor como el gas comprimido producido por el compresor. El sistema al que se transfiere el gas comprimido y el sistema al que se transfiere el gas que se ha escapado del turboexpansor puede ser el mismo sistema o pueden ser sistemas diferentes. Los tamaños de los distintos componentes del sistema o sistemas y sus capacidades de presión y temperatura dependerán de la cantidad y del tipo de gas que se tiene que recuperar, la presión y la cantidad del gas de alta presión disponible, y la presión y capacidad del uno o más sistemas de baja presión que aceptan el gas comprimido del compresor y/o los gases de escape de baja presión del turboexpansor.

Si no hay una fuente de gas de alta presión disponible, se puede desarrollar un tipo de fuente e este tipo modificando otros sistemas que normalmente se proporcionan, por ejemplo, en una terminal de recepción. Una modificación sería añadir una bomba para aumentar la presión del gas licuado que se debe tratar por el sistema, y un regasificador que pueda operar a la presión más alta. El trabajo necesario para aumentar la presión de un gas licuado en estado líquido es sustancialmente bajo, y un proceso que implica el bombeo de un gas licuado, regasificarlo, y la expansión del gas para accionar un turboexpansor es muy eficiente. Si se requiere una modificación de este tipo el sistema, entonces puede incluir también una bomba para aumentar la presión del gas licuado, un regasificador de alta presión y tuberías, aparatos de medición, controles e instrumentación necesarios para completar el sistema. Estos componentes se sumarían al compresor accionado por un turboexpansor, el calentador o calentadores opcionales, cualquier otra tubería, los aparatos de medición, controles, e instrumentación son necesarios para completar el sistema básico de la presente invención. Opcionalmente, el gas que tienen que comprimir se puede calentar por un equipo de calentamiento adecuado antes de comprimirse por el compresor.

Un diagrama esquemático de un sistema ejemplar de acuerdo con la presente invención se muestra en la Figura 1 adjunta. Como se muestra en la Figura 1, el gas de una fuente de gas licuado se alimenta o se extrae a través de una tubería o cualquier otra comunicación a un compresor en el que se comprime y se alimenta a través de una tubería de salida u otra comunicación. La corriente de gas comprimido en la tubería de salida puede ser adecuada para el uso del consumidor o uso industrial, o se puede recircular de regreso a la fuente de gas licuado. El compresor se conecta a y se acciona por un turboexpansor, preferiblemente un turboexpansor que tiene un eje de trabajo que se extiende desde el turboexpansor al compresor. El eje de trabajo del turboexpansor se conecta de

forma que se pueda accionarse a un eje de trabajo o miembro de accionamiento del compresor y un medio de transmisión de accionamiento se proporciona para afectar la transferencia de potencia desde el eje de trabajo turboexpansor al eje de trabajo del compresor o miembro de accionamiento. Como también se muestra en la Figura 1, una fuente de gas de alta presión se alimenta a través de una tubería al turboexpansor en el que se expande para producir una fuente de gas de presión reducida y para proporcionar la potencia necesaria para impulsar el eje de trabajo del turboexpansor y por lo tanto el compresor. La fuente de gas de presión reducida que sale o se escapa del turboexpansor se alimenta, como se muestra en la Figura 1, a un gasoducto para el transporte fuera del turboexpansor y, adicionalmente, para uso de los consumidores o industrial, o se alimenta a la fuente de gas licuado a fin de mantener o aumentar la presión de la fuente de gas licuado. Si se proporcionan los calentadores opcionales, estos se pueden emplear a lo largo de la tubería que va desde la fuente de gas de alta presión al turboexpansor, a lo largo de la tubería que se aleja del turboexpansor, y/o a lo largo de la tubería de entrada y/o de salida del compresor.

En un método ejemplar de la presente invención, un cargamento de gas licuado se descarga en una terminal de recepción en un tanque de almacenamiento. El proceso de descarga de buques genera  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 pies cúbicos estándares por hora (Scfh)) de vapor frío. Un gaseoducto que opera a una presión manométrica de 103 KPa (15 psig) está disponible para aceptar  $17,7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (2.250.000 scfh). Una fuente de gas de alta presión también está disponible a  $5,90 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (750.000 scfh) y una presión manométrica de 4826 KPa (700 psig). En tales condiciones, la presente invención se puede emplear, por lo que  $5,90 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (750.000 scfh) del gas a alta presión se expande en el turboexpansor con el fin de reducir la presión de 4826 KPa (700 psig) a 103 KPa (15 psig), proporcionando así el trabajo del eje necesario para accionar el compresor asociado. El compresor comprime  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 scfh) de vapor frío del tanque de almacenamiento a una presión manométrica de 103 KPa (15 psig). El gas comprimido frío se puede combinar después con el gas expandido frío del turboexpansor y la corriente combinada se puede calentar a una condición especificada por la tubería de presión manométrica a 103 KPa (15 psig). Por otra parte, si una fuente de calor de alta temperatura está disponible, el gas de alta presión se puede precalentar antes de entrar al turboexpansor para aumentar la cantidad de trabajo que se puede extraer de cada unidad de masa, reduciendo de esta manera la cantidad de gas de alta presión requerida. Debido a que el gas comprimido seguiría siendo bastante frío, la unidad puede ventajosamente sobredimensionarse ligeramente de tal manera que una corriente fría de gas comprimido se puede retirar para reemplazar el vapor en el tanque de retención del buque. El uso de una corriente fría retirada de gas comprimido eliminaría la necesidad de un ventilador de retorno de vapor para reemplazar el vapor en el buque.

En otro ejemplo hipotético, un proceso de descarga de buques genera  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 scfh) de vapor frío. Se proporciona un gaseoducto que opera a una presión manométrica de 103 KPa (15 psig) y puede aceptar un máximo de  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 scfh). Otro gaseoducto está disponible, que opera a una presión manométrica de 1379 KPa (200 psig) y puede aceptar otros  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 scfh). En este ejemplo hipotético, una fuente de gas de alta presión también está disponible a  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 scfh) y a una presión manométrica de 4826 KPa (700 psig). En estas condiciones, los  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 scfh) de gas a alta presión se pueden expandir en el turboexpansor para reducir la presión manométrica del mismo de 4826 KPa (700 psig) a 1379 KPa (200 psig) y proporcionar así el trabajo del eje necesario para accionar el compresor. El compresor comprime  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 scfh) de vapor frío del tanque de almacenamiento hasta una presión manométrica de 103 KPa (15 psig). El gas comprimido frío se calienta a una condición especificada por la tubería de presión manométrica a 103 KPa (15 psig) y el gas expandido frío se calienta a una condición especificada por la tubería de presión manométrica a 1379 KPa (200 psig). En condiciones en las que está disponible una fuente de alta temperatura, el gas de alta presión se puede precalentar antes de entrar al turboexpansor, aumentando de esta manera la cantidad de trabajo que se puede extraer de cada unidad de masa y reduciendo en este modo la cantidad de gas de alta presión requerida. Debido a que el gas comprimido está aún muy frío, puede ser ventajoso sobredimensionar ligeramente la unidad del compresor y retirar una corriente fría de gas comprimido para reemplazar el vapor en el buque. La corriente fría retirada de gas comprimido eliminaría la necesidad de un ventilador de retorno de vapor como se suele utilizar para reemplazar la pérdida de vapor en un buque.

En otro ejemplo hipotético de un método de acuerdo con la presente invención, un proceso que genera  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 scfh) de vapor frío. Se proporciona un gaseoducto que opera a una presión manométrica de 103 KPa (15 psig), pero no puede aceptar  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 scfh). Un segundo gasoducto está disponible que opera a 1379 KPa (200 psig) y que puede aceptar  $47,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (6.000.000 scfh). Además, una fuente de gas de alta presión está disponible a  $35,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (4.500.000 scfh) y a 4826 KPa (700 psig). En tales condiciones, los  $35,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (4.500.000 scfh) de gas a alta presión se pueden expandir en el turboexpansor para reducir la presión del gas de 4826 KPa (700 psig) a 1379 KPa (200 psig) y proporcionar así el trabajo del árbol requerido para accionar el compresor. El compresor comprime los  $11,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.500.000 scfh) de vapor frío del tanque de almacenamiento a una presión manométrica de 1379 KPa (200 psig). El gas comprimido frío se combina con el gas expandido frío y la corriente combinada se calienta a una condición especificada por la tubería de presión manométrica a 1379 KPa (200 psig). En los casos en los que una fuente de calor de alta temperatura se encuentra disponible, la fuente de calor se puede utilizar para precalentar el gas a alta presión antes de entrar al turboexpansor, aumentando de esta manera la cantidad de trabajo que se puede extraer de cada unidad de masa y reducir la cantidad de gas de alta de presión requerida.

Como se puede ver en los ejemplos hipotéticos anteriores, el sistema y el método actuales pueden ser útiles en una variedad de condiciones y se puede adaptar para utilizarse en cualquier sistema que genere gas, incluyendo pero sin limitarse, en una amplia variedad de terminales de recepción.

5 El compresor accionado por un turboexpansor utilizado de acuerdo con los métodos y el sistema de la presente invención tiene ventajas sobre los compresores accionados por motor eléctrico o accionados por motor de encendido por combustible fósil que, a diferencia de los compresores accionados por un turboexpansor, requieren conductores relativamente grandes de baja velocidad y engranajes multiplicadores de velocidad para accionar los compresores. El compresor accionado por un turboexpansor usado de acuerdo con la presente invención puede tener tanto el  
10 compresor como el conductor en el mismo eje y puede operar a una velocidad relativamente mayor, lo que elimina la necesidad de un engranaje multiplicador de velocidad y del suministro de energía comparable con una unidad mucho más pequeña que la que se requeriría para un compresor accionado por un motor eléctrico o por un motor o turbina de encendido por combustibles fósiles. Se espera que el coste de un sistema que utiliza un compresor accionado por turboexpansor sería menor que un sistema similar impulsado por un motor eléctrico o por un motor o  
15 turbina de encendido por combustibles fósiles.

El compresor accionado por un turboexpansor utilizado en el sistema de la presente invención también proporciona claras ventajas sobre otros procesos que no incluyen un turboexpansor. El calor necesario para precalentar o calentar posteriormente el gas motivo usado o agotado por el turboexpansor requiere mucha menos energía que la  
20 necesaria para generar electricidad para un motor eléctrico, y utiliza menos energía que la obtenida por el combustible requerido para un motor o turbina de encendido por combustibles fósiles. Incluso si un sistema de acuerdo con la presente invención requiere que la fuente de gas licuado se bombee a una presión más alta, la energía requerida por la bomba es muy baja en comparación con la energía necesaria en los procesos que utilizan motores eléctricos o motores impulsados por combustibles fósiles.

Otra ventaja de utilizar un turboexpansor es que un turboexpansor se puede controlar de manera eficaz para satisfacer las necesidades de potencia reducida. Esto permite un control eficiente del compresor dentro de los parámetros normales de operación. Bajo ciertas circunstancias, la unidad se puede controlar para actuar como un compresor de evaporación. La eficiencia energética de un compresor accionado por turboexpansor sigue siendo  
30 muy alta bajo requisitos de ahorro de energía, a diferencia de la gran reducción en la eficiencia energética que se produce cuando un compresor es impulsado por un motor eléctrico o se impulsa por un motor de encendido por combustibles fósiles.

El uso de un turboexpansor en los sistemas de la presente invención proporciona también ventajas en que los turboexpansores pueden funcionar a varias velocidades, permitiendo un control preciso de la velocidad de accionamiento del turboexpansor y del compresor, lo que da como resultado un excelente control de los parámetros del proceso, incluyendo las presiones.

Además, el coste de mantenimiento de un motor o turbina de encendido por combustibles fósiles es mucho mayor que el de un turboexpansor debido a las temperaturas relativamente más altas y las complejidades asociadas con un proceso de combustión.

La presente invención se aclara además en los siguientes ejemplos, que tienen por objeto ser meramente ejemplares de la presente invención.

45 **Ejemplo**

En el presente ejemplo, una simulación por ordenador de un sistema de recuperación de vapor fue creada para maximizar la recuperación del vapor ventilado durante la descarga de buques de GNL en una terminal comercial. El sistema simulado por ordenador fue diseñado para recuperar el vapor mediante la compresión del vapor recogido de dos rejillas de ventilación del tanque, el calentamiento del vapor, y el envío del vapor de una tubería de gas comercial. Un diagrama de flujo del proceso del sistema se muestra en la Figura 1. El sistema ha incluido un compresor-expansor 14 que incluía un compresor 16 y un expansor 18. Como se muestra en la Figura 1, la designación IGV significa álabes guía de entrada.

55 **Flujo global del proceso**

En la simulación por ordenador, el vapor de los tanques de almacenamiento de gas natural licuado (no mostrado) en un buque se reunió en una cabecera de ventilación común (no mostrada). Una parte del vapor de esta cabecera fue devuelto al buque (no se muestra en la Figura 1). El gas restante, identificado aquí como la corriente A, fluyó a una aspiración del compresor accionado por un turboexpansor. Con los tanques de almacenamiento de GNL teniendo una presión absoluta que opera a aproximadamente 110 KPa (15,9 psia), la presión absoluta de aspiración del compresor, es decir, la corriente A en la Figura 1, fue en teoría 105 Kpa (15,23 psia). La Tabla 1 describe las corrientes mostradas en la Figura 1.

65 El compresor 16 impulsó el gas a una presión suficiente para fluir a través de un intercambiador de calor de vapor

## ES 2 369 071 T3

comprimido 20, y al sistema de gas comprimido, es decir, a un gasoducto. En la descarga del compresor 16 la presión absoluta del gas, corriente B, fue de 337 KPa (48,87 psia). Una parte del gas comprimido, flujo B, se recicló a una fuente de gas licuado a través de la corriente C y el resto, corriente D, fluyó hacia el intercambiador de calor de vapor comprimido 20. En el intercambiador de calor de vapor comprimido 20, el vapor comprimido, corriente D, se calentó de aproximadamente -76,1°C (105°F) a 15,6°C (60°F), y salió como la corriente E. La temperatura de descarga del compresor varió con la presión de descarga del compresor requerida para fluir dentro de la tubería de gas comercial.

El compresor se accionó por un turboexpansor directamente acoplado que expandió un flujo de gas de 4654 KPa (675 psia), corriente F, a 1620 KPa (235 psia), corriente G. El flujo a través del compresor se varió controlando la posición de los álabes guía de entrada (IGV) en la entrada de alta presión de entrada del expansor lo que varió el flujo de gas de alta presión al expansor. La corriente de gas de descarga del expansor, corriente G, fluyó a través del intercambiador de calor de gas expandido 22 hacia el sistema de gas de baja presión a través de la corriente H. En el intercambiador de calor de gas expandido 20, el gas se calentó de aproximadamente -40°C (-40°F) a 15,6°C (60°F).

Los intercambiadores de calor de vapor comprimido y de gas expandido en este ejemplo se calentaron con la circulación de agua caliente suministrada a 26,7°C (80°F).

### Casos de diseño

Como se ha mencionado anteriormente, el caudal y la composición para el compresor no serán constantes durante el proceso de descarga de buques. Una vez que todas las bombas están funcionando el flujo cambiará lentamente durante la mayor parte de una operación de descarga. Los cuatro casos de diseño descritos a continuación cubren un rango esperado de operación. Para cada caso, el sistema se ha diseñado para recuperar el vapor recogido por dos tanques.

El caso A es el flujo esperado durante la descarga de un buque con un flujo de emisión a una línea de gas comercial (vapor recuperado) de  $7,79 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (990.147 scfh), que requiere un flujo reciclado de  $3,39 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (430.382 scfh) para evitar la sobretensión del compresor.

Presión de Vapor del Buque – presión absoluta de 113 KPa (16,4 psia). Velocidad de descarga –  $1,26 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (20.000 gpm)  
Flujo de emisión a línea de gas comercial –  $7,79 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (990.147 scfh)

El caso B, otro caso de descarga, implica el escenario de descarga de buques más común esperado en la terminal desde la que se tuvieron en cuenta la hipótesis de las simulaciones actuales de las pruebas.

Presión de Vapor del Buque – presión absoluta de 113 KPa (16,4 psia). Velocidad de descarga –  $1,89 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (30.000 gpm)  
Flujo de emisión a línea de gas comercial –  $10,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.287.194 scfh)

El caso C establece el flujo de diseño para el compresor.

Presión de Vapor del Buque – presión absoluta de 113 KPa (16,4 psia). Velocidad de descarga –  $2,30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (36.500 gpm)  
Flujo de emisión a línea de gas comercial –  $14,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1.794.068 scfh)

El caso D, que involucró las mismas condiciones que se utilizaron en el caso C, pero con una mayor presión de vapor del buque, representa un flujo máximo esperado a través del compresor.

Presión de Vapor del Buque – presión absoluta de 115 KPa (16,7 psia). Velocidad de descarga –  $2,30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (36.500 gpm)  
Flujo de emisión a línea de gas comercial –  $16,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (2.071.721 scfh)

Para cada uno de los casos de diseño, las presiones manométricas del tanque fueron: 8,41 Kpa (1,22 psig) para el tanque 1 y 8,00 KPa (1,16 psig) para el tanque 2. Las condiciones que producen un flujo superior a  $16,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (2.071.721 scfh), tales como una presión de vapor el buque mayor combinada con baja presión atmosférica, podrían manejarse reduciendo la velocidad de descarga durante un período de tiempo.

### Consideraciones de diseño en el sistema del compresor

El compresor se ha diseñado para comprimir un flujo de gas de  $7,79 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (990.000 scfh) a  $16,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (2.072.000 scfh) de una presión manométrica de entrada de 1,38 KPa a 1,83 KPa (0,2 a 0,7 psig) a una presión manométrica de descarga de 228 KPa a 276 KPa (33 a 40 psig), suficiente para fluir en la tubería de gas comercial a una presión manométrica de 207 KPa (30 psig) para los casos de diseño A, B y C, y a una presión manométrica de 152 KPa (22

5 psig) para el caso del diseño D. El diseño base del sistema fue para una presión manométrica máxima en la tubería de 152 KPa (22 psig). La presión manométrica máxima de operación de la tubería se podría aumentar a 20 KPa (30 psig) o más, y el compresor se ha diseñado para satisfacer esta demanda máxima. El compresor también se ha diseñado para operar a una presión manométrica de descarga de 82,1 KPa (12 psig) para permitir una presión manométrica de los gasoductos comerciales tan baja como aproximadamente 55,2 KPa (8 psig).

10 Con el fin de manejar todo el rango de flujos, el diseño del expansor se ha sesgado hacia flujos mayores. Esto se tradujo en un mayor flujo de reciclaje para los casos de menor flujo A y B. Además, se limitó la presión de salida del compresor de tal forma que sólo podría llegar a la tubería de gas comercial a 152 KPa (22 psig) para el caso D. En el rango de operaciones hasta  $7,79 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (990.000 scfh), el compresor podría satisfacer toda la demanda de la presión de descarga de diseño a una presión manométrica de emisión del proveedor de 207 KPa (30 psig). A  $7,79 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (990.000 scfh), hay un reciclaje de  $3,38 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (430.000 scfh) que eleva la temperatura de aspiración desde  $-148^\circ\text{C}$  ( $-235^\circ\text{F}$ ) a  $-119^\circ\text{C}$  ( $-182^\circ\text{F}$ ). A esta temperatura el compresor todavía era capaz de hacer que la presión manométrica de descarga de 228 KPa (33 psig) sea suficiente para entrar en la tubería de gas comercial a una presión manométrica de 207 KPa (30 psig). Además, en el arranque el compresor podría tomar una temperatura de aspiración de  $-17,8^\circ\text{C}$  ( $0^\circ\text{F}$ ) y un flujo de aproximadamente  $6,52 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (829.000 scfh) y aún así hacer que una presión manométrica de descarga de 1,38 KPa (20 psig) sea suficiente para entrar en la tubería de gas comercial.

20 El resultado neto de todas estas consideraciones es que el expansor-compresor es capaz de comprimir todo el rango de flujos, casos A a D, para el sistema comercial.

#### Descarga de buques

25 La mejor secuencia de la puesta en marcha del expansor-compresor se determinará mediante las operaciones en la ubicación particular. Se proporcionan suficientes controles para permitir una gran flexibilidad. Se espera que el expansor-compresor no se ponga en marcha hasta que se inicie un flujo de GNL de un buque a uno o más tanques y la presión en el tanque o tanques se incremente por encima de la presión de operación normal. Los álabes guía entrada en el expansor se puede abrir por rampas mediante un controlador de flujo hasta que la presión en uno o más tanques disminuya aproximándose a la presión deseada. La posición de los álabes guía de entrada (IGV) se puede ajustar después mediante el control de la presión del tanque.

35 Al final de un ciclo de carga a medida que se detienen las bombas del buque y cae el flujo de vapor, el controlador de la presión del tanque puede cerrar los IGV. A medida que cae el flujo del compresor, un controlador antibombeo puede abrir una derivación y la entrada comenzará a calentarse. El expansor-compresor se puede apagar cuando no hay flujo a la línea de gas comercial, por ejemplo, una línea con presión manométrica de 207 KPa (30 psig).

40 Los caudales, presiones, temperaturas y otras propiedades de diversos vapores y flujos de líquidos a través del sistema de acuerdo con la realización del diseño del caso B, según se han generado por un simulador de procesos, se muestran en la Tabla 1 a continuación.



Tabla 1

Identificación de Comenta	Unidades de Medida	A	B	C	D	E	F	G	H
		Vapor desprendido de Fuente de gas licuado VAPOR	Descarga del compresor VAPOR	Gas de Refriceraje a fuente de gas licuado VAPOR	Gas comprimido a calentador VAPOR	Gas comprimido a Comercial VAPOR	Gas de alta presión a expansor VAPOR	Descarga del evaporador VAPOR	Gas de alta presión VAPOR
CONDICIONES DE FASE									
FLUJO DE PESO TOTAL	(kg/hr)	8,30	165,820	1,42	(11,292)	8,36	(54,803)	12,0	(95,000)
PERCENTAJES MOL DE COMPOSICIÓN									
Agua		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Metano		0,1342	0,1342	0,1342	0,1342	0,1342	0,1342	0,1342	0,1342
Etileno		90,8954	90,8954	90,8954	90,8954	90,8954	90,8954	90,8954	90,8954
Propano		0,0684	0,0684	0,0684	0,0684	0,0684	0,0684	0,0684	0,0684
1-BUTOXO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2-BUTOXO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1-PENTOXO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2-PENTOXO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
HEXANO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
HEPTANO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
OCENO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
FLUJO DE PESO	(kg/hr)	8,30	165,820	1,42	(11,292)	8,36	(54,803)	12,0	(95,000)
PERCENTAJES MOL DE COMPOSICIÓN									
Agua		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Metano		0,1342	0,1342	0,1342	0,1342	0,1342	0,1342	0,1342	0,1342
Etileno		90,8954	90,8954	90,8954	90,8954	90,8954	90,8954	90,8954	90,8954
Propano		0,0684	0,0684	0,0684	0,0684	0,0684	0,0684	0,0684	0,0684
1-BUTOXO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2-BUTOXO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1-PENTOXO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2-PENTOXO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
HEXANO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
HEPTANO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
OCENO		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
FLUJO VOLUMETRICO @ 14,73 BAR (80F)	(m³/hr)	12,2	(1,553,403)	2,12	(259,473)	10,1	(1,287,194)	17,0	(2,155,364)
FLUJO VOLUMETRICO REAL	(m³/hr)	5,36	(650,055)	0,42	(51,045)	2,06	(251,734)	3,33	(41,775)
FACTOR DE COMPRESIBILIDAD Z		0,0782	0,0743	0,0743	0,0743	0,0743	0,0743	0,0743	0,0743
K <sub>1</sub> @ TEMPERATURA DE FLUJO		1,8044	1,8338	1,8338	1,8338	1,8338	1,8338	1,8338	1,8338
DEBIDO @ TEMP., PRESION		(0,0698)	(0,2119)	0,36	(0,2093)	0,34	(0,2086)	0,17	(0,1853)
VELOCIDAD @ TEMPERATURA DE FLUJO	(m/s)	5,10E-03	7,82E-03	1,84 x 10 <sup>-1</sup>	7,82E-03	1,84 x 10 <sup>-1</sup>	7,82E-03	1,84 x 10 <sup>-1</sup>	7,82E-03
CONDUCTIVIDAD TERMICA	(W/m °C)	1,25 x 10 <sup>3</sup>	(1,28E-02)	2121	(1,28E-02)	2120	(1,28E-02)	2120	(1,28E-02)
CAPACIDAD DE CALOR	(J/kg °C)	2088	(0,460)	0,5689	(0,5689)	0,5689	(0,5689)	0,5689	(0,5689)

Será evidente para los expertos en la materia a partir de la descripción anterior de la presente invención y de la descripción detallada de ciertas realizaciones preferidas, que numerosas modificaciones y realizaciones alternativas son posibles dentro del verdadero alcance y espíritu de la invención. Las siguientes reivindicaciones y las equivalentes de las mismas tienen por objeto cubrir el verdadero alcance y espíritu de la invención.

5

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la recuperación de gas (A) que se desprende de un gas licuado, comprendiendo dicho método:
- 5 proporcionar una fuente de gas licuado de la que se desprende el gas (A); y comprimir el gas (A) que se desprende de dicha fuente de gas licuado con un compresor (16) accionado por un turboexpansor (18) para formar una fuente de gas comprimido (B) **caracterizado porque** dicho turboexpansor (18) se acciona por un gas (F) que es diferente de dicho gas (A) que se comprime a través de dicho compresor (16).
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en el que dicho compresor (16) tiene un miembro de accionamiento, dicho turboexpansor (18) tiene un miembro de accionamiento, y un medio de transmisión de accionamiento se proporciona para transmitir potencia desde el miembro de accionamiento del turboexpansor al miembro de accionamiento del compresor para así accionar el compresor (16).
- 15 3. El método de la reivindicación 1, en el que dicho turboexpansor (18) es impulsado por una fuente de gas de alta presión (F) que se reduce en presión hasta una fuente de gas de menor presión (G) como consecuencia del accionamiento de dicho turboexpansor (18).
- 20 4. El método de la reivindicación 3, en el que dicha fuente de gas comprimido (H) tiene una primera presión, dicha fuente de gas de menor presión (G) tiene una segunda presión, y dichas primera y segunda presiones son sustancialmente las mismas.
- 25 5. El método de la reivindicación 3, en el que dicha fuente de gas comprimido (B) tiene una primera presión, dicha fuente de gas de menor presión (G) tiene una segunda presión, y dichas primera y segunda presiones son sustancialmente diferentes.
- 30 6. El método de la reivindicación 3, en el que dicho gas (A), el gas comprimido (B), la fuente de gas de alta presión (F) y dicha fuente de gas de menor presión (G) comprenden el mismo tipo de gas.
- 30 7. El método de la reivindicación 6, en el que dicho tipo de gas es gas natural.
8. El método de la reivindicación 4, en el que la fuente de gas comprimido (B), la fuente de gas de alta presión (F) y dicha fuente de gas de menor presión (G) comprenden el mismo tipo de gas.
- 35 9. El método de la reivindicación 8, en el que dicho tipo de gas es gas natural.
10. El método de la reivindicación 1, en el que dicho gas comprende un hidrocarburo.
- 40 11. El método de la reivindicación 1, en el que dicho gas comprende metano, etano, propano, butano, gas natural, cloro, propileno, amoniac, etileno, oxígeno, hidrógeno, helio, nitrógeno, argón, aire o combinaciones compatibles de los mismos.
- 45 12. El método de la reivindicación 1, en el que dicha fuente de gas licuado comprende gas natural licuado, metano líquido, etano líquido, propano líquido, butano líquido, cloro líquido, propileno líquido, amoniac líquido, etileno líquido, oxígeno líquido, hidrógeno líquido, helio líquido, nitrógeno líquido, argón líquido, aire líquido o combinaciones compatibles de los mismos.
- 50 13. El método de la reivindicación 3, que comprende además calentar dicha fuente de gas a alta presión (F) antes, o calentar dicha fuente de gas de menor presión (G) después, accionar dicho turboexpansor (18) con dicha fuente de gas de alta presión (F).
14. El método de la reivindicación 3, que comprende además combinar la fuente de gas comprimido (B) con dicha fuente de gas de menor presión (G).
- 55 15. El método de la reivindicación 3, en el que la fuente de gas comprimido (B) y la fuente de gas de menor presión (G) se mantienen separadas.
- 60 16. El método de la reivindicación 1, en el que dicho compresor (16) comprende un compresor centrífugo criogénico.
17. El método de la reivindicación 1, que comprende además dirigir al menos una parte de la fuente de gas comprimido (B) a la fuente de gas licuado para aumentar o mantener la presión de dicha fuente de gas licuado.
- 65 18. El método de la reivindicación 3, que comprende además dirigir al menos una parte de la fuente de gas de menor presión (G) al gas (A) que se desprende de la fuente de gas licuado para aumentar o mantener la presión de

dicha fuente de gas licuado.

- 5 19. El método de la reivindicación 1, en el que dicho gas (A) se desprende en un recipiente de almacenamiento durante o aproximadamente en el momento de la transferencia de la fuente de gas licuado desde un contenedor de transporte hasta dicho recipiente de almacenamiento.
20. El método de la reivindicación 19, en el que dicho contenedor de transporte están en un buque, un vehículo de transporte terrestre o por ferrocarril, o un recipiente transportado sobre el mismo.
- 10 21. El método de la reivindicación 3, en el que dicha fuente de gas a alta presión (F) comprende un gas que tiene una presión manométrica de aproximadamente 690 KPa (100 psig) a aproximadamente 6895 KPa (1.000 psig).
- 15 22. El método de la reivindicación 3, en el que dicha fuente de gas de menor presión (G) comprende un gas que tiene una presión manométrica de aproximadamente 34,5 KPa (5 psig) a aproximadamente 3447 KPa (500 psig).
23. El método de la reivindicación 1, en el que dicha fuente de gas comprimido (B) consta de un gas que tiene una presión manométrica de aproximadamente 34,5 KPa (5 psig) a 1724 KPa (250 psig).
- 20 24. El método de la reivindicación 1, que comprende además calentar dicha fuente de gas comprimido (B) antes, o calentar dicho gas comprimido (B) después, de la compresión por dicho compresor (16).
25. Un sistema para la recuperación de gas (A), comprendiendo dicho sistema:
- 25 un recipiente para una fuente de gas licuado de la que se desprende el gas (A);  
 un compresor (16) en comunicación con una salida de dicho recipiente, permitiendo dicha salida la retirada de gas (A) de dicho recipiente, siendo dicho compresor (16) capaz de aumentar la presión del gas retirado (A) del recipiente y de formar una fuente de gas comprimido (B), incluyendo dicho compresor (16) un miembro de accionamiento; un turboexpansor (18) que tiene un miembro de accionamiento; y  
 30 un dispositivo de transmisión de accionamiento para transmitir potencia desde el miembro de accionamiento de dicho turboexpansor (18) al miembro de accionamiento de dicho compresor (16), **caracterizado porque** dicho turboexpansor (18) se acciona por un gas (F) que es diferente de dicho gas (A) que se comprime a través de dicho compresor (16).
- 35 26. El sistema de la reivindicación 25, en el que el miembro de accionamiento del compresor (16) y el miembro de accionamiento del turboexpansor (18) comprenden el mismo eje de accionamiento.
27. El sistema de la reivindicación 25, que comprende además una fuente de gas licuado en dicho recipiente y el gas (A) en dicho recipiente desprendido de dicha fuente de gas licuado.
- 40 28. El sistema de la reivindicación 25, en el que dicho compresor (16) comprende un compresor centrífugo criogénico.
- 45 29. El sistema de la reivindicación 27, que comprende además un conducto de gas comprimido para distanciar el gas comprimido (B) producido por el compresor (16), y un desviador para desviar al menos una parte del gas comprimido (B) a la fuente de gas licuado.
- 50 30. El sistema de la reivindicación 25, que comprende además una fuente de gas de alta presión (F) en comunicación con dicho turboexpansor (18) para el suministro de una fuente de energía en forma de gas presurizado (F) al turboexpansor (18); y un conducto de gas de presión reducida para distanciar una corriente de gas de presión reducida (G) producida por la expansión de la fuente de gas de alta presión (F) por el turboexpansor (18).
- 55 31. El sistema de la reivindicación 30, que comprende además una comunicación entre dicho conducto de presión reducida y la fuente de gas licuado.
32. El sistema de la reivindicación 30, que comprende además un conducto de gas comprimido, en comunicación con dicho compresor (16), para llevar lejos el gas comprimido (B) producido por el compresor (16), y una comunicación entre dicho conducto de gas de presión reducida y el conducto de gas comprimido.
- 60 33. El sistema de la reivindicación 30, que comprende además un intercambiador de calor en comunicación con dicho conducto de gas de presión reducida.
- 65 34. El sistema de la reivindicación 30, que comprende además un conducto de gas comprimido, en comunicación con dicho compresor (16) para llevar lejos el gas comprimido (B) producido por el compresor (16), y un intercambiador de calor en comunicación con dicho conducto de gas comprimido.

35. El método de la reivindicación 1 en el que el método comprende:

comprimir un gas (A) que se desprende de dicha fuente de gas licuado con un compresor (16) accionado totalmente por un turbo expansor (18) para formar una fuente de gas comprimido (B).

5 36. El método de la reivindicación 1 en el que dicho compresor (16) tiene un miembro de accionamiento, dicho turboexpansor (18) tiene un miembro de accionamiento, y se proporciona un medio de transmisión de accionamiento para transmitir potencia del miembro de accionamiento del turboexpansor al miembro de accionamiento del compresor para así accionar el compresor (16).

10 37. El método de la reivindicación 35 en el que dicho turboexpansor (18) se acciona por un gas (F) y es el mismo tipo de gas que el que pasa a través de dicho compresor (16).

38. El método de la reivindicación 37, en el que dicho tipo de gas es gas natural.

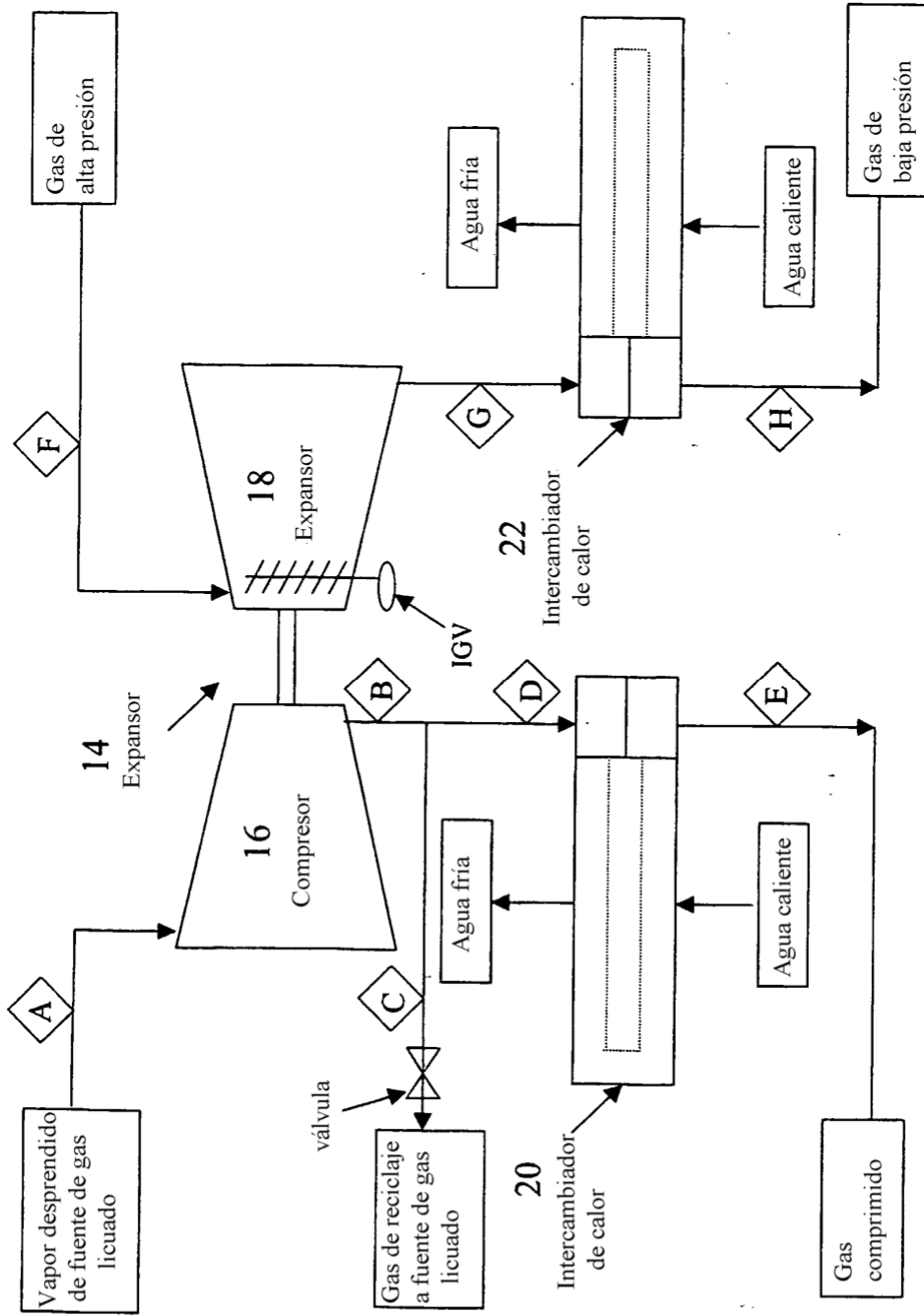


Figura 1