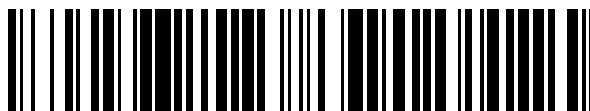


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 631**

51 Int. Cl.:  
**F02M 21/06** (2006.01)  
**F17C 1/00** (2006.01)  
**F17C 9/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09742896 .5**  
96 Fecha de presentación: **30.04.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2307694**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2011**

54 Título: **Sistemas de suministro de gas para motores de gas**

30 Prioridad:  
**08.05.2008 NO 20082158**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.04.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.04.2012**

73 Titular/es:  
**Hamworthy Oil & Gas Systems AS**  
**Postboks 144**  
**1371 Asker**

72 Inventor/es:  
**MELAAEN, Eirik**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

ES 2 378 631 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

Sistemas de suministro de gas para motores de gas

La presente invención se refiere a un sistema de suministro de gas para motores tipo motores de dos combustibles o motores de gas para buques que transporten gas licuado en forma de gas natural licuado (LNG).

- 5 En los buques el LNG se ha usado tradicionalmente una propulsión de turbinas de vapor pero se está introduciendo maquinaria de propulsión tipo diesel de baja velocidad, de dos combustibles o de gas, véase, por ejemplo, el documento WO 2005/058684.

10 En lo que sigue se pasará a comentar un sistema de suministro de gas integrado con un sistema de relicuación de gas evaporado (BOG). El nuevo concepto cubre primordialmente un evaporador independiente (evaporador) que tiene un bucle cerrado intermedio y además un evaporador (optimizador) integrado en la planta de relicuación BOG para utilizar el tenor de frío del LNG vaporizado y suministrárselo a los motores para la propulsión del buque. La utilización del tenor de frío consigue reducir el consumo de potencia total. Si se para la planta de relicuación de gas el evaporador independiente alimentará a los motores de gas.

15 El condensado de la planta de relicuación de BOG o el LNG de las cisternas del buque que se suministra gracias a las bombas del buque se conduce hasta una bomba de alta presión (HP) para alimentar el evaporador. El LNG que normalmente está a una presión mayor que la presión supercrítica se calienta en un intercambiador de calor hasta que sea "gas". Este intercambiador de calor se llama evaporador o vaporizador respectivamente, ver, por ejemplo, la figura 1 y la figura 2. A continuación el gas a alta presión se introduce en los motores de propulsión o turbinas de gas no mostrados en los dibujos.

20 La presión de descarga de la bomba de alta presión llega típicamente hasta los 30 MPa (300 bar) para el caso de diseño. La temperatura del LNG está típicamente de entre -140 °C y -150 °C. El LNG a alta presión es supercrítico y no resulta posible distinguir entre la fases líquida y la fase gaseosa. Sin embargo, a calentar el LNG hasta la temperatura ambiente a alta presión se le llama evaporación en este documento.

25 La presión de descarga de la bomba de alta presión es típicamente de 30 MPa (300 bar) para el caso de diseño. La temperatura del LNG está típicamente entre -140 °C y 150 °C.

30 El sistema está basado en la evaporación de LNG a alta presión gracias a una fuente de calor. Para no usar una camisa de agua o vapor desde la sala de máquinas directamente hasta el intercambiador de calor de LNG, por ejemplo, el presente evaporador, se utiliza un bucle cerrado con un medio intermedio para calentar el LNG. Los medios intermedios pueden ser una mezcla de salmuera, una mezcla de glicol, una mezcla de hidrocarburos o un refrigerante y se llamará "salmuera" en lo que sigue. Como se ilustra en la figura 2, el bucle cerrado comprende un vaporizador de LNG, por ejemplo, el evaporador, la bomba de salmuera y una fuente de calor que denominamos vaporizador de vapor/agua caliente de agua caliente, en los dibujos. Esto evita el riesgo de que aparezca LNG en la cámara de máquinas en caso de que haya una fuga en el vaporizador. Otra razón fundamental para usar un bucle intermedio es que resulta un sistema más seguro ante la posibilidad de congelación.

35 El evaporador y su bucle cerrado se pueden instalar en la sala de compresores (CCR) del buque junto con la planta de relicuación de gas en un lugar aparte o en la sala de motores.

40 El LNG a -160 °C y aproximadamente a 2-5 bar se presuriza en una bomba de movimiento recíproco criogénica (bomba HP) hasta típicamente 300 bar. A continuación, el LNG se evapora y se calienta hasta típicamente +45 °C en un intercambiador de calor, es decir, el evaporador. Si hace falta se instalará un amortiguador en la lumbreira de salida de la bomba y/o del evaporador que no se representa en los dibujos.

Una configuración típica es la de dos bombas HP en paralelo cada una con una capacidad 1x100% una que esté funcionando y otra que esté en espera o 3x50% dos funcionando y una en espera.

45 En el evaporador el LNG se calienta con la salmuera. En el calentador de vapor/agua caliente se calienta la salmuera con agua caliente del motor (camisa de agua), vapor, por ejemplo, de la sala de máquinas o agua de refrigeración del equipo de procesamiento. En función de los medios intermedios se puede usar también agua del mar.

Si el agente caliente es vapor la salmuera entra en el evaporador a 90 °C típicamente y sale a 30 °C. Si el agente caliente es una camisa agua la salmuera entra en el intercambiador de calor a 75 °C y sale típicamente a 30 °C. Si se usa agua de refrigeración de los equipos de procesamiento el nivel de temperatura es más bajo.

50 Después del evaporador el flujo intermedio (salmuera) se bombea hasta el intercambiador de calor para calentarlo hasta 90 °C típicamente, alternativamente hasta 75 °C. Este intercambiador de calor en el que se calienta la salmuera es la fuente de calor a la que se hace referencia en los dibujos con la denominación de calentador de vapor/agua caliente.

Típicamente habrá dos bombas de salmuera en paralelo, cada una con una capacidad 1x100%, una funcionando y

otra en espera.

El vapor se puede usar como fuente de calor para el evaporador asumiéndose que el vapor está saturado. La condición del vapor depende de la cantidad en el buque LNG. En el bucle cerrado el vapor se condensa y se subenfria en el calentador de la salmuera antes de que se devuelva al tanque de condensado de la caldera o de agua de alimentación.

5  
10 Como se ha mencionado antes el objeto fundamental de la presente invención es reducir el consumo de potencia total. Este objetivo se consigue con un sistema de suministro de gas para motores de dos combustibles o de gas integrados con una planta de relicuación de gas evaporado comprendiendo un intercambiador de calor criogénico, un compresor de gas evaporado con un precalentador de gas evaporado y un bucle de nitrógeno con un compresor-expandidor estando el gas en forma de gas natural licuado de las cisternas del buque o de condensado de la planta de relicuación. Para utilizar en la planta de relicuación un tenor de frío de gas que hay que quemar en los motores el sistema tiene un evaporador (optimizador) que extrae el tenor de frío y/o un evaporador que esté dispuesto en un bucle cerrado comprendiendo la, al menos una, bomba y una fuente de calor para un medio intermedio que se usa para optimizar la extracción del fluido frío.

15 Por lo tanto, el evaporador (optimizador) se usa para optimizar la extracción del fluido frío. Aunque específicamente un compresor de gas evaporado tiene un precalentador, el precalentador se puede sustituir por o se le puede añadir un preenfriador. El compresor-expandidor se entiende que es una unidad que, por ejemplo, tiene un compresor y un expandidor.

20 Por si no se ha indicado antes las realizaciones favorables según la presente invención se derivan de las reivindicaciones dependientes que están más adelante.

La presente invención se expondrá ahora con más detalle haciendo referencia a las realizaciones preferidas representadas en los dibujos en los que:

25 La figura 1: muestra un esquema de una planta de relicuación de LNG que incluye un sistema de suministro de gas para motores de dos combustibles o gas y en el que el sistema de suministro de gas no está conectado a la planta de relicuación.

La figura 2: ilustra el sistema de suministro de gas de la figura 1

30 Las figuras 3-5: muestran realizaciones según la presente invención en la que el tenor de frío extraído en un evaporador (optimizador) se transfiere aguas arriba de un intercambiador de calor criogénico hacia la planta de relicuación en paralelo con un precalentador del BOG o en paralelo con el intercambiador de calor criogénico respectivamente y

La figura 6: muestra una realización que minimiza el uso de una fuente de calor externa para la bomba del LNG

35 De acuerdo con la presente invención representada en las figuras 3-5 el tenor de frío de un evaporador se extrae del LNG durante el calentamiento y la evaporación del mismo y se utiliza en una planta de relicuación del BOG para reducir el consumo de potencia total. En otras palabras, el tenor de frío se extrae del evaporador de LNG (optimizador) y se introduce en la planta de relicuación del BOG. La solución más eficiente habría sido añadir un paso de más por un intercambiador de calor criogénico, es decir, la cámara fría. Puesto que la presión máxima de diseño para las cámaras frías del estado de la técnica está limitada esta solución no es rentable hoy en día. Si el BOG o el nitrógeno se enfría previamente con el LNG se necesita generar menos tenor de frío para licuar el BOG. Esto significa que el trabajo del compresor se reducirá para los modos de operación en los que el optimizador esté funcionando.

40 El tenor de frío se puede introducir en el ciclo de BOG aguas arriba de la cámara fría en paralelo con la cámara fría o integrado con la cámara fría o en el ciclo del nitrógeno aguas arriba o aguas abajo de la cámara fría en paralelo con la cámara fría o integrado con la cámara fría. El bucle cerrado intermedio de la figura 2 se denominará en lo que sigue bucle de salmuera y el LNG se evapora en evaporador LNG. El intercambiador de calor integrado en la planta de relicuación de BOG se denomina optimizador. En diagramas de flujo del proceso se muestran soluciones típicas, ver las figuras 3-5 pero las interacciones de energía no se limitan a las de estas figuras. El vaporizador LNG y el optimizador se pueden instalar en paralelo como muestra la figura 3, o en serie.

45 La figura 3 muestra un diagrama de flujo del proceso en el que el BOG se preenfria aguas arriba de la cámara fría. El LNG se vaporiza mientras que el BOG se preenfria. Una solución alternativa es utilizar el tenor de frío en paralelo con o integrado con la cámara fría del lado del BOG:

50 El gas evaporado se comprime en el compresor de BOG y se enfría en un postenfriador hasta las condiciones del ambiente. El gas evaporado se enfría aún más aguas arriba de o en paralelo con la cámara fría mediante un intercambio de calor con el LNG comprimido. El LNG comprimido está en un estado criogénico (típicamente entre -140 °C y -160 °C y se calienta con el BOG. El tenor de frío disponible del LNG se utilizará, por tanto, en el bucle de

5 nitrógeno. Utilizar el tenor de frío deriva en un consumo de potencia reducido del compresor expandidor. El separador de las figuras funcionará como un tambor de succión de la bomba. Si hace falta se instalará una bomba de baja presión (bomba LP) aguas arriba de la bomba de alta presión (bomba HP) para garantizar la suficiente altura de succión neta positiva (NPSH) para la bomba HP. La bomba LP funcionará como una bomba de impulso de la bomba HP. El sistema de gas combustible se puede alimentar con gas evaporado licuado del sistema de relicuación y LNG de las cisternas del buque.

10 La figura 4 muestra un diagrama de flujo del proceso en el que el optimizador está instalado en paralelo con el precalentador de BOG. Esto significa que el nitrógeno a condiciones ambientales se preenfria mientras que el LNG se está evaporando en el optimizador. El nitrógeno preenfriado se mezcla con el flujo de nitrógeno del precalentador del BOG que se conduce hasta la cámara fría y se mezcla con el nitrógeno enfriado de la cámara fría. El nitrógeno se enfría aún más en la cámara fría antes de que se expanda en el expandidor casi hasta la presión de succión del compresor. El nitrógeno preenfriado se puede introducir también en la cámara fría por una conducción aparte, se puede preenfriar más en la cámara fría y expandirse en el expandidor. El preenfriamiento del nitrógeno utilizando LNG a alta presión deriva en un consumo de potencia reducido.

15 La figura 5 muestra un diagrama de flujo del proceso en el que el optimizador está en paralelo con la cámara fría. Esto significa que parte del nitrógeno a condiciones ambientales se enfría durante el intercambio de calor con el LNG del optimizador. El flujo de nitrógeno se enfría hasta la temperatura de la entrada del expandidor y se mezcla con el nitrógeno de la cámara fría. El nitrógeno se expande más en el expandidor casi hasta la presión de succión del compresor.

20 Como muestra la figura 6 en lugar de usar una fuente de calor externa para calentar el LNG a alta presión hasta la temperatura necesaria después del optimizador el nitrógeno caliente se puede extraer de una de las etapas del compresor aguas arriba de enfriadores intermedios o de postenfriamiento. Luego, el nitrógeno caliente de las etapas del compresor se tiene que mezclar con nitrógeno del postenfriador antes de que entre en el optimizador. Alternativamente, el nitrógeno aguas arriba de uno de los enfriadores de las etapas del compresor se puede conducir hasta un intercambiador de calor aparte, tras el optimizador. El nitrógeno enfriado se devuelve aguas abajo al intercambiador de calor/ enfriador en el que se capta el nitrógeno.

25 La realización de la figura 6 minimiza el uso de calor externo en el calentador de vapor/agua caliente reduciendo así costes. Si el calor que se gana del nitrógeno no es suficiente se puede extraer más calor antes de los enfriadores. Una situación típica se da cuando hay poco BOG disponible y el barco está quemando mucho combustible. En estas circunstancias el sistema de relicuación funcionará a baja capacidad mientras que el sistema de gas combustible estará a su máxima capacidad.

30 Como se ha mencionado antes el optimizador sólo puede estar funcionando si la planta de relicuación de BOG está en marcha. Si la planta de relicuación se para el evaporador independiente alimentará al motor de gas sin extraer tenor de frío del LNG que pasa por él. Esto significa que el tenor de frío extraído calentando el LNG se conduce hasta la fuente de calor (vapor o agua caliente).

35 El sistema de suministro de gas estará instalado típicamente en una calza para simplificar la instalación. Todos los componentes se ensamblan en una calza de acero estructural junto con todas las tuberías de interconexión, válvulas, instrumentos y cables.

Un número típico de componentes para una calza son:

- 40 2 bombas, una en espera  
 1 intercambiador de calor de LNG/salmuera (evaporador)  
 1 intercambiador de calor de vapor o camisa de agua/salmuera (calentador de salmuera)  
 2 bombas de circulación de salmuera, una en espera  
 45 1 intercambiador de calor de LNG integrado con la planta de relicuación (optimizador)  
 instrumentación  
 módulos de control  
 válvulas  
 acero estructural y tuberías de interconexión  
 equipo adicional (si hace falta): bombas LP y un tambor de succión

50

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema de suministro de gas para motores de doble combustible o de gas integrado con una planta de relicuación de gas evaporado que comprende un intercambiador de calor criogénico, un compresor de gas evaporado que tiene un precalentador de gas evaporado y un bucle de nitrógeno con un compresor expandidor, estando el gas en forma de gas natural licuado en las cisternas del buque o como condensado de la planta de relicuación **caracterizado porque** el sistema tiene un evaporador (optimizador) que extrae el tenor de frío del gas que se quema en los motores y este tenor de frío se utiliza en la planta de relicuación.
- 10 2. Sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** comprende además un evaporador que está dispuesto en un bucle cerrado que comprende al menos una bomba y una fuente de calor para un medio intermedio que se usa para optimizar la extracción del fluido frío.
3. Sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** el tenor de frío se conduce hasta la planta de relicuación aguas arriba del intercambiador de calor criogénico.
4. Sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** la mezcla fría se conduce a la planta de relicuación en paralelo con el precalentador de gas evaporado.
- 15 5. Sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado porque** el tenor de frío se conduce a la planta de relicuación en paralelo con el intercambiador de calor criogénico o integrado en él.
6. Sistema de suministro de gas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** el tenor de frío extraído se conduce hasta la planta de relicuación utilizando un intercambiador de calor dispuesto en un circuito que conecta el optimizador con la planta de relicuación.
- 20 7. Sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 6 **caracterizado porque** el gas líquido se suministra mediante una bomba de baja presión y una bomba de alta presión.
8. Sistema de suministro de gas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** la fuente de calor es vapor, agua caliente o un vaporizador.
- 25 9. Sistema de suministro de gas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** el medio intermedio que se hace circular por el bucle cerrado mediante una/s bomba/s es una mezcla de salmuera, una mezcla de glicol, una mezcla de hidrocarburos o un refrigerante.
10. Sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 9 **caracterizado porque** hay al menos una bomba en paralelo, típicamente una en funcionamiento y una en espera.
- 30 11. Sistema de suministro de gas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** el gas se suministra al evaporador mediante al menos una bomba de alta presión.
12. Sistema de suministro de gas de acuerdo con la reivindicación 9 **caracterizado porque** hay típicamente dos bombas en paralelo una en funcionamiento y otra en espera, o tres bombas en paralelo, dos en funcionamiento y una en espera.

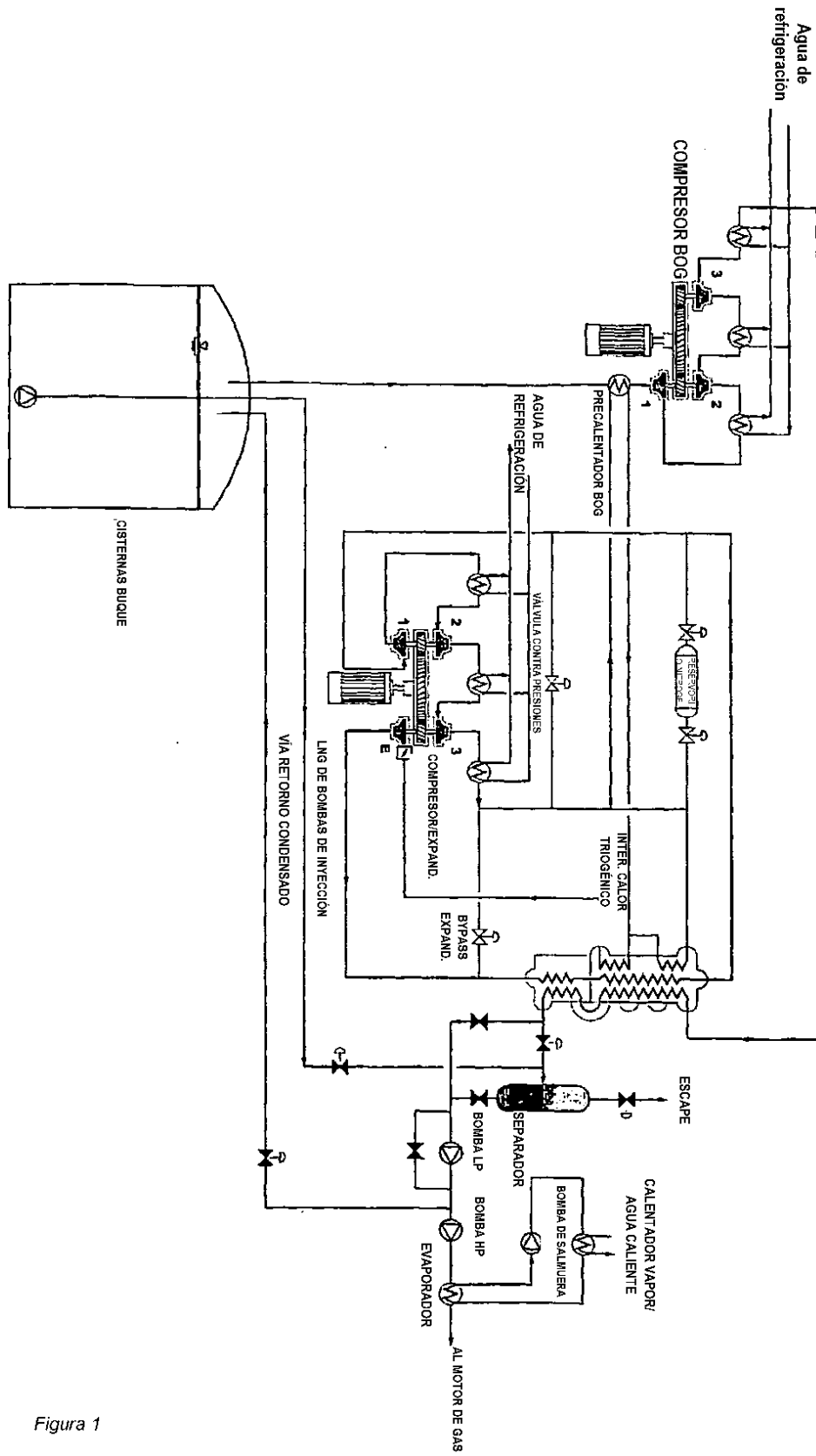


Figura 1

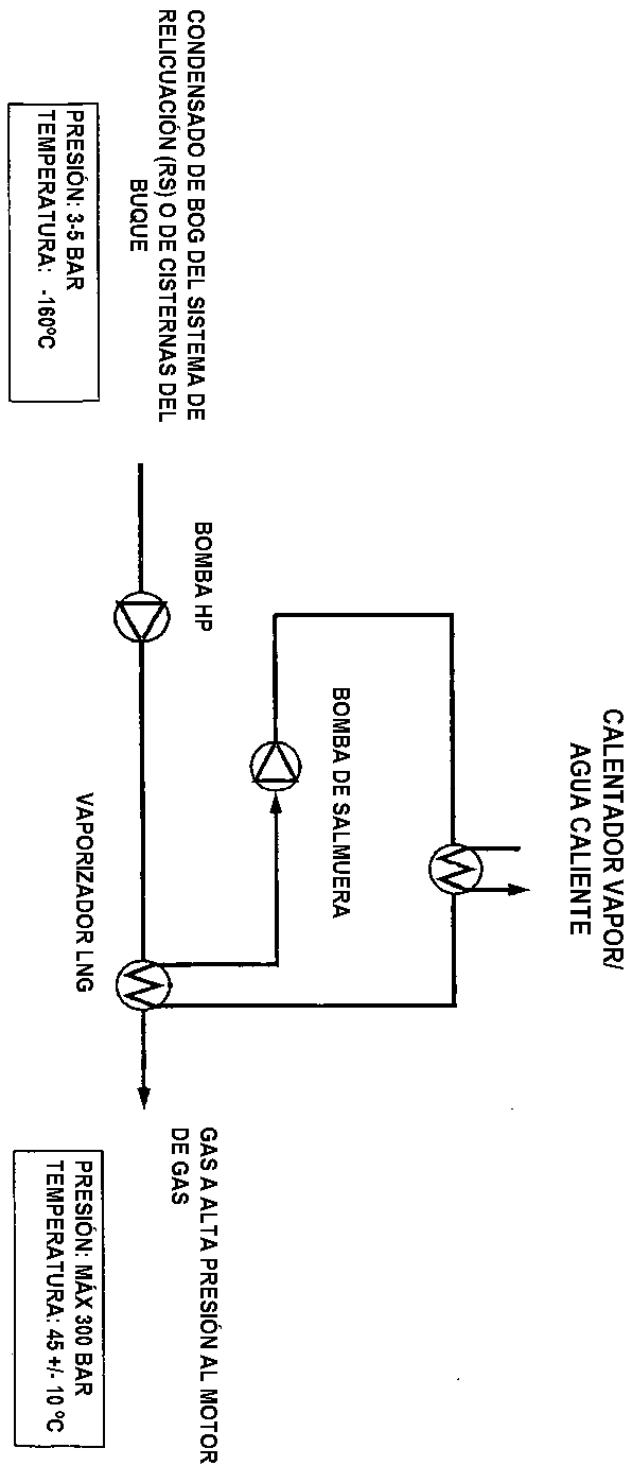


Figura 2

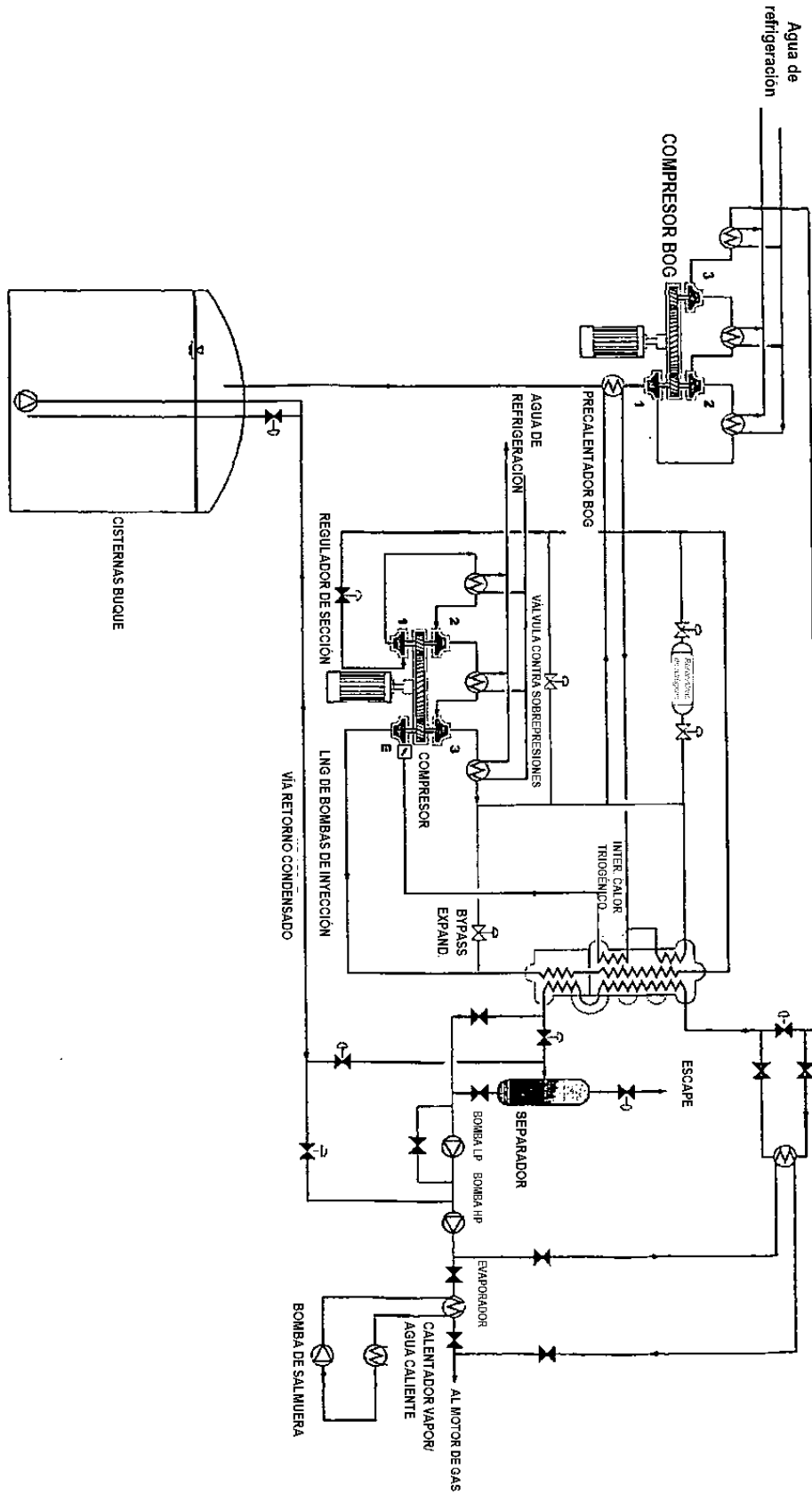


Figura 3



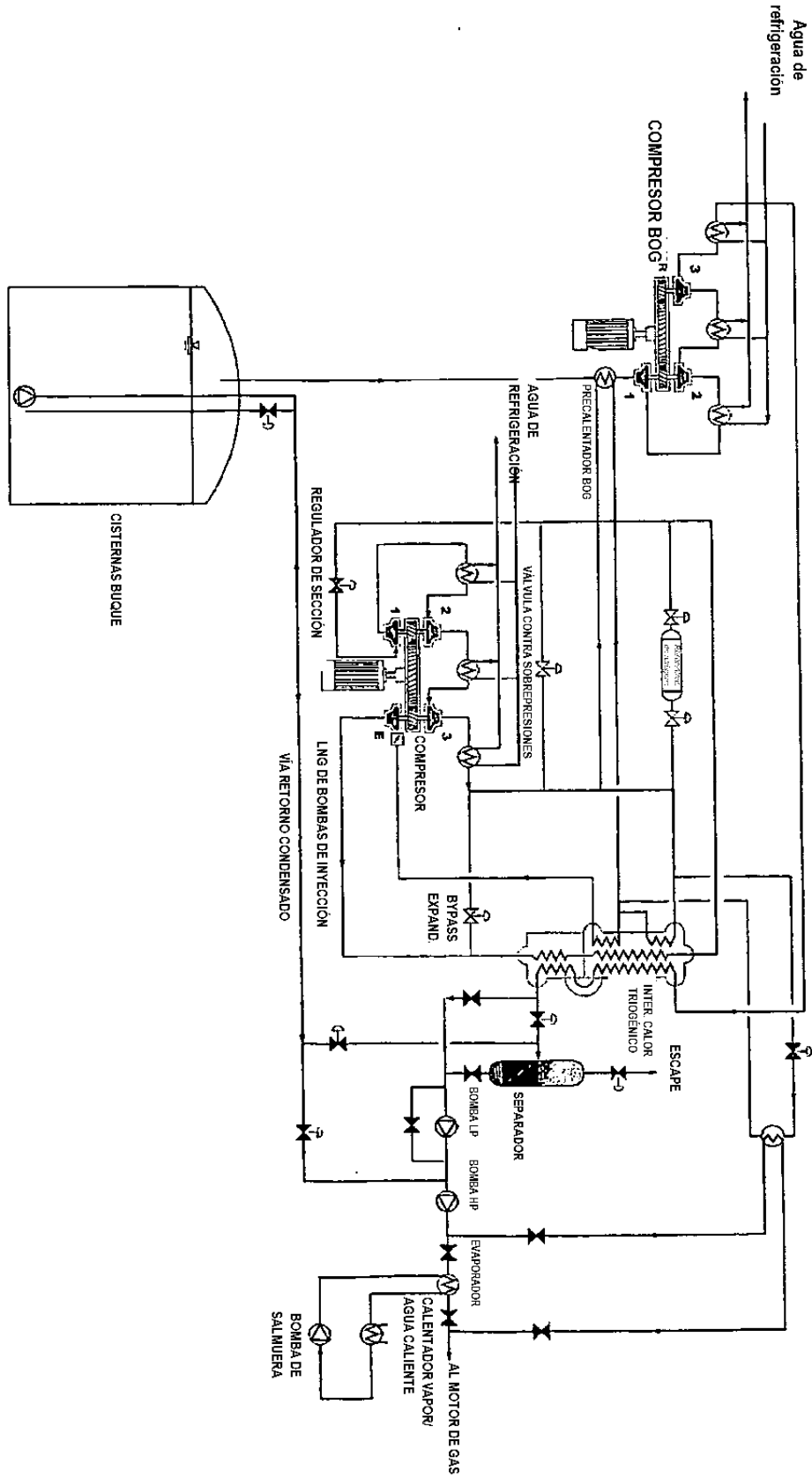


Figura 4

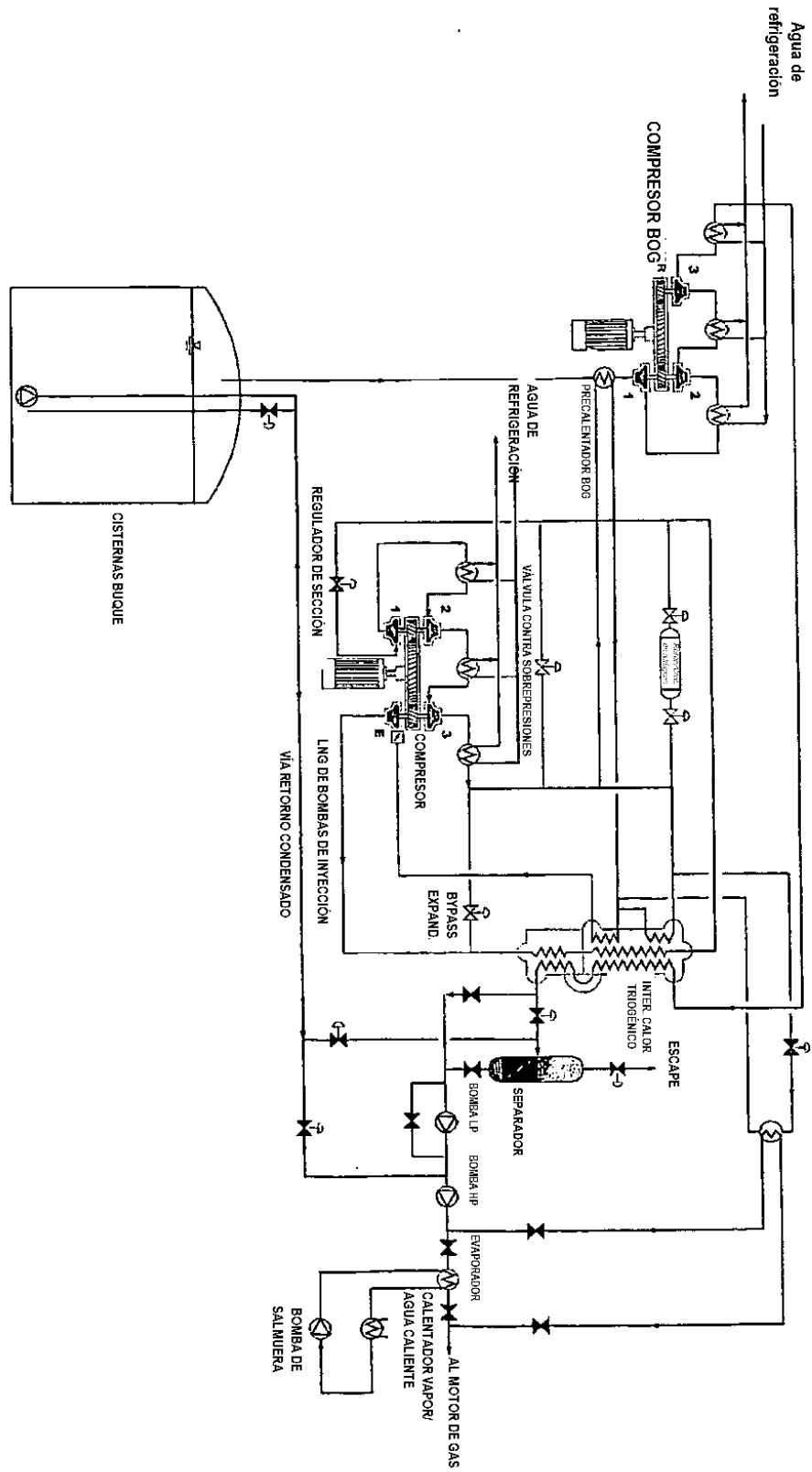


Figura 5

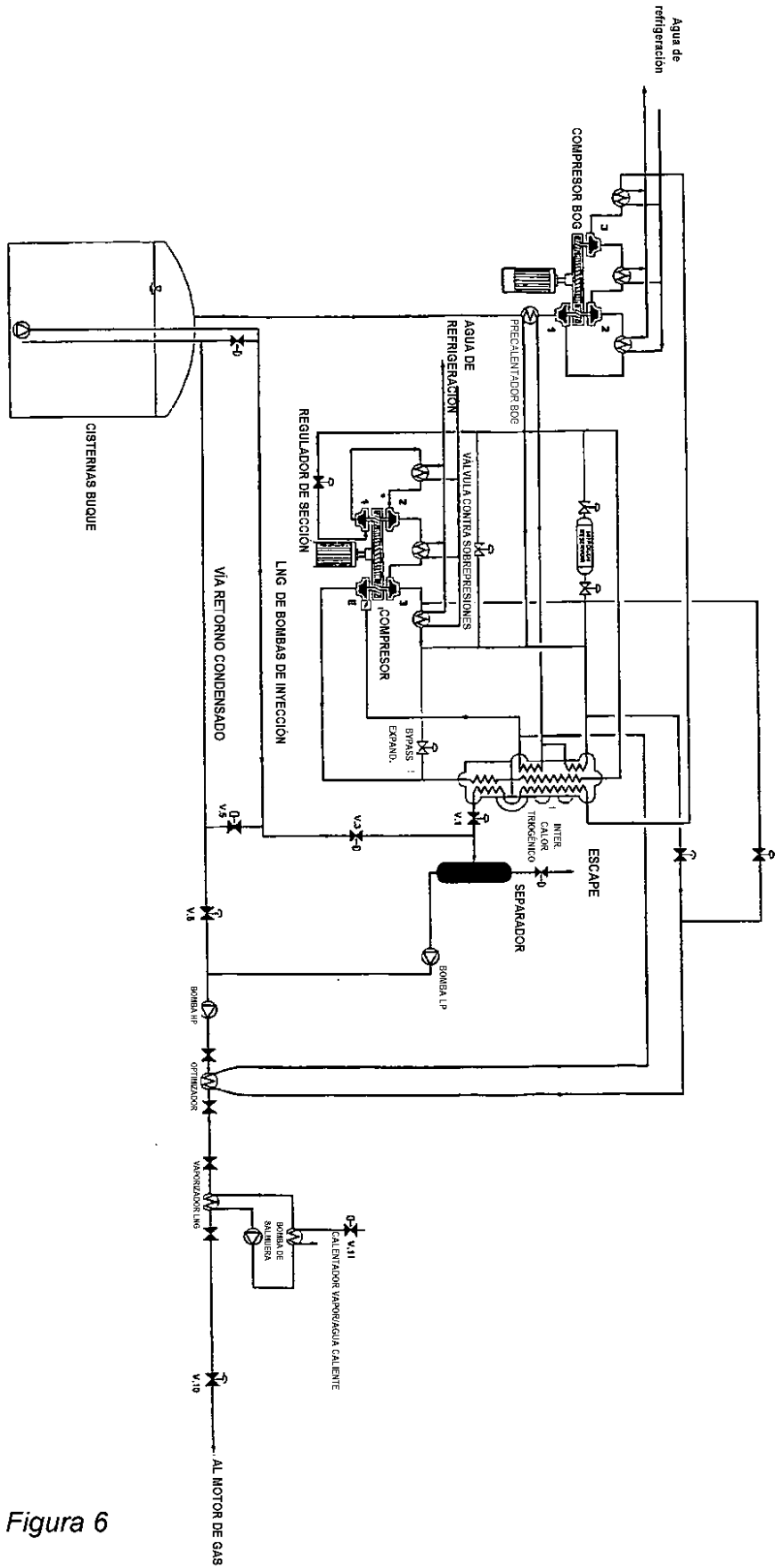


Figura 6