Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

Organizacion CSA Ltda

INVENTARIO

SOLICITUD

PATENTE DE INVENCION

21. **EXPEDIENTE No.** 00-22432

54. **TITULO** "METODO PARA CARGAR GAS NATURAL LICUADO PRESURIZADO EN CONTENEDORES"

51. **CLASIFICACION INTERNACIONAL** B 63 B 39/14 ; F 25 J 3/00

71. **SOLICITANTE** EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

DOMICILIO HOUSTON, ESTADO DE TEXAS, ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

74. **APODERADO** JOSE ANTONIO LLOREDA

T.P. 10.784
Código 231

22. **SANTAFE DE BOGOTA, D.C.** 29 MAR. 2000

20-20037
20-20410

43

FORMA P 10)

Industria y Com
SUPERINTENDEN

00 22432

SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO
Radicacion : 00022432 00000000 Folios: 107
Fecha (AMD): 2000-03-29 15:40:35
Tramite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 411 PRESENTAC
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

DATOS DEL SOLICITANTE

(71) Nombres y Apellidos o Razón Social: **EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY** sociedad existente y organizada de conformidad con las leyes del Estado de Delaware, Estados Unidos de América

No. de Identificación:

Representante Legal (Persona Jurídica): JOSE ANTONIO LLOREDA

País de Domicilio: Estados Unidos de América

Departamento o Estado: Texas

Dirección: 3120 Buffalo Speedway, Houston, Texas 77098, Estados Unidos de América

Ciudad: Houston Teléfono 1 713 4316460

(74) DATOS DEL APODERADO

Nombre: JOSE ANTONIO LLOREDA

Dirección y Domicilio: Calle 72 No. 5-83 Piso 6, Santafé de Bogotá, Colombia

Ciudad: Santafé de Bogotá, D.C. Teléfono 57 1 3264270

DATOS DEL INVENTOR

(72) Nombre del Inventor(es): James R. Rigby y Brandon T. Stone

Identificación:

Dirección: 3834 Echo Mountain Dr., Kingwood, Texas 77345 y 4100 Greenbriar Apt. 210, Houston, Texas 77098, Estados Unidos de América

Ciudad: Kingwood y Houston Teléfono 1 713 4316460

DATOS DE LA PATENTE DE INVENCION

(54) Título de la Invención: **"METODO PARA CARGAR GAS NATURAL LICUADO PRESURIZADO EN CONTENEDORES"**

PRIORIDAD REIVINDICADA SI ☒ NO ☐ **TIPO DE PRIORIDAD** **ANDINA** ☐ **UNIONISTA** ☒

(33) País	(32) Fecha	(31) No. Solicitud
US	31-03-99	60/127,203

Para Publicar a los ☒ **6 meses** ☐ **12 meses** ☐ **18 meses a partir de la fecha de la presente Solicitud**

31 SET 2000

(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL ~~C 10~~ B63 B 35/44; F25 J 3/00

RESUMEN CON EL OBJETO Y LA FINALIDAD DE LA INVENCION

Se describe un método para cargar gas natural licuado presurizado (PLNG) a múltiples contenedores que contienen vapor presurizado, donde los contenedores son cargados en serie. Los contenedores pueden estar sobre tierra o a bordo de un buque u otra embarcación de transporte marítimo. Como primer paso, el gas licuado es introducido en los contenedores, así descargando el vapor allí contenido. El vapor descargado de los contenedores se pasa a tanques auxiliares de almacenamiento que comprenden por un primer tanque y un segundo tanque. El vapor de al menos uno de los tanques es sacado y pasado a un medio de utilización de vapor tal como una planta de licuefacción para licuefacción del vapor o a un motor o turbina para uso del vapor como combustible. El flujo de fluidos desde y hacia el primer y segundo tanques es regulado para asegurar que la rata de flujo total del vapor al medio de utilización del vapor se mantenga a una rata de flujo relativamente constante.

ANEXOS DE LA SOLICITUD

Certificado de Existencia y Representación Legal cuando el solicitante sea Persona Jurídica	☐
Los poderes debidamente otorgados, o mensión de su protocolización ante la S.I.C.	☐
Recibo de la tasa respectiva **$608.000,00**	☒
Recibo de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación	☐
Si se reivindica prioridad Andina:	
Copia dela primera solicitud	☐
Traducción oficial	☐
Si se reivindica prioridad Unionista: SI	
Copia certificada de la primera solicitud: US 60/127,203 de fecha 31-03-99	☒
Nota: Debe presentarse dentro de los tres (3) meses, contados a partir de la fecha de radicación de la solicitud posterior	
Traducción Simple No. 0223 de fecha 08-03-00 de Eduardo Calado Noguera	☒
Capítulo descriptivo	☒
Dibujos, planos necesarios	☒
Capítulo reivindicatorio	☒
Tarjeta archivo propietarios según formato	☒
Tarjeta archivo temático según formato	☒
Extracto para publicación según formato	☒
Arte final 12 x 12 cms. Y 6x6 cms	☐
Otros Documentos	☐
Nota: Anexo información sobre la fuente normativa de reciprocidad y petición Reconocimiento Personería	☒

SOLICITO LA CONCESIÓN DE LA PATENTE DE INVENCIÓN Y DECLARO QUE LA INVENCIÓN ES NUEVA Y DE MI PROPIEDAD

FIRMA

NOMBRE JOSE ANTONIO LLOREDA C.C. 17.159.681 de Bogotá TP No. 10.784

2

Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO
Radicacion : 00022432 00000000 Folios: 107
Fecha (AMD): 2000-03-29 15:40:35
Tramite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 411 PRESENTAC
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

NIT : 800176089-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 18,835
FECHA : MARZO 21 DE 2000

C O N S I G N A C I O N

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	SUCURSAL	CUENTA	No. PAGO	Vr. PAGO
LLOREDA Y CIA S. A	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	BOGOTA	050-00024-9	958611	7,481,400.00

C O N C E P T O

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	608,000.00
		TOTAL : $	608,000.00

SON: SEISCIENTOS OCHO MIL PESOS

RESPONSABLE : _____

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____

Carrera 13 No. 27-00 Pisos 5 y 10
Conmutador: 334 12 21
Fax: 281 31 25
Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia

ANEXO

Atentamente manifiesto a usted que la fuente normativa de la reciprocidad de la cual se deriva el derecho del solicitante para reivindicar prioridad en el presente caso, se encuentra:

a) En el Artículo 2 del Anexo 1C, Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio, del Acuerdo por el cual se establece la "Organización Mundial de Comercio (OMC)" suscrito en Marruecos el 15 de abril de 1994. Este acuerdo fue aprobado por el Congreso de Colombia mediante Ley 170 de 1994 y por la Corte Constitucional Colombiana mediante Sentencia C-137-95 de 28 de marzo de 1995, y entró en vigencia en nuestro país el 30 de abril de 1995, 30 días después de su ratificación.

   Dicho Artículo establece que en lo que respecta a las partes II, III y IV del Acuerdo (referidas a la existencia, alcance y ejercicio de los derechos de propiedad intelectual, entre otros) los Miembros cumplirán los artículos 1 a 12 y el Artículo 19 del Convenio de París —el Artículo que establece la prioridad de las patentes de invención es el Artículo 4--

b) En el Artículo 4 del mencionado Anexo 1C, Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio, del Acuerdo por el cual se establece la Organización Mundial de Comercio (OMC), el cual consagra el "Trato de la nación más favorecida" para los países Miembros del mismo.

c) En el Artículo 4 del Convenio de París, del cual ya era parte Colombia en el momento en que se presentó la solicitud cuya prioridad ahora reivindico, con lo cual se cumple la reciprocidad exigida en el Artículo 12 de la Decisión 344 del Acuerdo de Cartagena para con solicitudes provenientes de los Países Miembros del Acuerdo de Cartagena.

RESUMEN OBJETO Y FINALIDAD DE LA INVENCIÓN

METODO PARA CARGAR GAS NATURAL LICUADO PRESURIZADO EN CONTENEDORES

Se describe un método para cargar gas natural licuado presurizado (PLNG) a múltiples contenedores que contienen vapor presurizado, donde los contenedores son cargados en serie. Los contenedores pueden estar sobre tierra o a bordo de un buque u otra embarcación de transporte marítimo. Como primer paso, el gas licuado es introducido en los contenedores, así descargando el vapor allí contenido. El vapor descargado de los contenedores se pasa a tanques auxiliares de almacenamiento que comprenden por un primer tanque y un segundo tanque. El vapor de al menos uno de los tanques es sacado y pasado a un medio de utilización de vapor tal como una planta de licuefacción para licuefacción del vapor o a un motor o turbina para uso del vapor como combustible. El flujo de fluidos desde y hacia el primer y segundo tanques es regulado para asegurar que la rata de flujo total del vapor al medio de utilización del vapor se mantenga a una rata de flujo relativamente constante.

METODO PARA CARGAR GAS NATURAL LICUADO PRESURIZADO EN CONTENEDORES

CAMPO DE LA INVENCION

La invención se relaciona con la manipulación de gas natural licuado presurizado y más particularmente, a un método para cargar gas natural licuado presurizado a contenedores que están llenos de vapor rico en metano.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Debido a sus cualidades y conveniencia de combustión limpia, el gas natural ha sido ampliamente usado en los años recientes. Muchas fuentes de gas natural están localizadas en áreas remotas, a grandes distancias de cualquier mercado comercial para el gas. Algunas veces,

una tubería está disponible para el transporte del gas natural producido hasta un mercado comercial. Cuando el transporte por tubería no es posible, el gas natural producido a menudo es procesado en gas natural licuado (el cual se llama "LNG") para transportarlo hasta el mercado.

Recientemente se ha propuesto transportar el gas a temperaturas arriba de los -112° C (-170° F) y bajo presiones suficientes para que el líquido esté en o debajo de su temperatura de punto de burbuja. Para la mayoría de las composiciones de gas natural, la presión del gas natural a temperaturas arriba de los -112° C estará entre aproximadamente 1,380 kPa (200 psia) y hasta aproximadamente 4,480 kPa (650 psia). Este gas natural licuado presurizado es referido como PLNG para diferenciarlo del LNG, el cual es transportado bajo una presión cercana a la atmosférica y a una temperatura de cerca de -162° C (-260° F).

En la solicitud de patente de Estados Unidos co-pendiente 09/464987 por J.R. Rigby, se revela un proceso para descargar el PLNG de contenedores de un buque presurizando hacia afuera el PLNG con gas, dejando los tanques desocupados de PLNG pero llenos de gas presurizado rico en metano. Al final del método de descargue de PLNG, todos excepto el último contenedor o grupo de contenedores están a baja presión, preferiblemente entre cerca de 690 kPa (100 psia) y 1,380 kPa (200 psia), mientras que el último de los contenedores esta ligeramente arriba de la presión de punto de burbuja del PLNG original. Al tener el vapor de menor presión en los contenedores para el viaje de regreso, substancialmente se reduce la masa de metano dejado en los contenedores, comparado con tener gas de alta presión contenido allí. Dependiendo de la presión, temperatura y composición del PLNG, dejar vapor a alta presión en los contenedores puede constituir entre cerca de 10 a 20 por ciento de la masa de carga en los contenedores antes de la remoción del PLNG.

Durante la carga de PLNG, el vapor rico en metano en los contenedores es desplazado por el líquido entrante. Es deseable licuar al menos parte del vapor rico en metano desplazado de los contenedores durante la carga de PLNG. La licuefacción del vapor es preferiblemente integrada con el proceso de licuefacción usado para manufacturar el PLNG que está siendo cargado en los contenedores. Durante la carga de múltiples contenedores llenos de gas, la rata de flujo del vapor que sale de los contenedores puede variar substancialmente entre el comienzo y el final del método de carga. Para mantener la estabilidad operacional de la planta de licuefacción, es deseable que la rata de flujo de retorno del vapor esté en un porcentaje relativamente estable de la rata de alimentación de la planta. Existe la necesidad de un método de carga de PLNG que suministre este tipo de rata de flujo de retorno del vapor.

RESUMEN

Un método se revela para la carga de PLNG en múltiples contenedores llenos con vapor presurizado. El contenedor o grupos de contenedores son cargados en serie y el PLNG introducido en un contenedor descarga el vapor allí contenido. Una fracción del vapor descargado de al menos uno de los contenedores se pasa a tanques auxiliares de almacenamiento que comprenden un primer tanque y un segundo tanque. El vapor es sacado de al menos uno de los tanques y pasado a un medio de utilización de vapor, preferiblemente una planta de licuefacción para licuar el vapor o a un motor o turbina que usa el vapor como combustible. El flujo de PLNG y vapor desde y hacia el primer y segundo tanques es regulado para asegurar que la rata de flujo total

del vapor al medio de utilización del vapor se mantenga a una rata de flujo generalmente constante.

En una realización preferida de esta invención, dos tanques de almacenamiento auxiliares, un primer tanque y un segundo tanque, se usan para amortiguar la rata de flujo del fluido del vapor presurizado descargado de los múltiples contenedores en serie que se llenan con PLNG. El PLNG se introduce en el primer contenedor o grupo de contenedores y el vapor allí contenido es descargado. Una primera fracción del vapor descargado se pasa a un medio de utilización de gas adecuado, como una planta de licuefacción de vapor o un motor o una turbina que usan el vapor como combustible, y una segunda fracción se pasa a otro contenedor que ser va a llenar con PLNG. El vapor descargado del último contenedor que se está siendo llenado con PLNG se pasa a uno de los tanques auxiliares de almacenamiento y el vapor de los tanques auxiliares de almacenamiento se pasa entonces a un medio de utilización de vapor adecuado. El flujo de fluido (vapor y PLNG) desde y hasta los tanques de almacenamiento es regulado para amortiguar la rata de flujo de vapor al medio de utilización de vapor. Al comienzo del método de carga de PLNG, el primer tanque está lleno de vapor de presión relativamente alta y el segundo tanque contiene gas licuado presurizado, Durante el llenado del primer contenedor o grupo de contenedores, el PLNG se saca del segundo tanque y se pasa al primer contenedor o primer grupo de contenedores y simultáneamente se saca el vapor del primer tanque, presurizado y una primera fracción del vapor presurizado se pasa al segundo tanque y una segunda fracción del vapor presurizado se calienta y se regresa al primer tanque. Cuando el segundo tanque esté vacío de PLNG, el segundo tanque contiene vapor a presión relativamente alta y el primer tanque contiene vapor a presión relativamente baja. El vapor del segundo tanque luego se retira, se presuriza, y una fracción del vapor presurizado se pasa a un medio de utilización de vapor y una segunda

fracción del vapor presurizado se calienta y se regresa al segundo tanque. Al final del paso anterior, tanto el primer y como el segundo tanque contienen vapor a una presión relativamente baja. Durante el llenado con PLNG del último contenedor o grupo de contenedores, el vapor descargado del último contenedor o grupo se pasa a un compresor para presurizarlo, y una primera fracción del vapor presurizado se pasa a un medio de utilización de vapor y una segunda fracción del vapor presurizado se calienta y se regresa al segundo tanque. Cuando el último contenedor esté lleno de PLNG, el primer tanque contiene vapor a una presión relativamente baja y el segundo tanque contiene vapor a una presión relativamente alta. El segundo tanque estará entonces listo para ser rellenado con PLNG. El PLNG se introduce al segundo tanque y el vapor allí contenido es descargado. El vapor descargado se divide en una primera fracción y una segunda fracción. La primera fracción de vapor se calienta y se pasa al primer tanque y la segunda fracción se pasa al medio de utilización de gas. Al final de este paso, el primer tanque contiene vapor a una presión relativamente alta y el segundo contenedor contiene PLNG. Los tanques de almacenamiento están ahora listos para cargar PLNG en otro grupo de contenedores.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La presente invención y sus ventajas serán mejor entendidas al referirse a la siguiente descripción detallada y los dibujos anexos.

Las Figs. 1 A y 1B muestran un buque adecuado para el transporte de PLNG en una vista lateral y de planta, siendo ambas vistas secciones

parciales, ilustran múltiples contenedores a ser llenados con PLNG de acuerdo con el método de esta invención.

La Fig. 2 es un diagrama de flujo esquemático de la carga de PLNG a un primer contenedor o grupo de contenedores en serie, tales como los contenedores en un buque como se muestra en las Figs. 1 A y 1B.

La Fig. 3 es un diagrama de flujo esquemático, similar a la Fig. 2, de la carga de PLNG a otro contenedor en la serie de contenedores.

La Fig. 4 es un diagrama de flujo esquemático, similar a la Fig. 2, de la carga de PLNG al último contenedor en la serie de contenedores.

Las Figs. 5 A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F y 5G ilustran tanques auxiliares de almacenamiento en diferentes etapas de la carga de PLNG a una serie de contenedores de acuerdo con el método de esta invención.

Los dibujos ilustran una realización específica de la práctica del método de esta invención. Los dibujos no pretenden excluir del alcance de la invención, otras realizaciones que son el resultado de las modificaciones normales y esperadas de la realización específica. Varios subsistemas requeridos como bombas, válvulas, mezcladores de corriente de flujo, sistemas de control y sensores de nivel de fluidos han sido omitidos de los dibujos para propósitos de la simplicidad y claridad de la presentación.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

Esta invención suministra un método para la carga de gas natural licuado presurizado (referido aquí como "PLNG") a una serie de contenedores, tales como contenedores en un buque o una barcaza de almacenamiento, donde al menos algunos de los contenedores están llenos de vapor presurizado rico en metano. El término "contenedor" se usa en esta descripción para significar cualquier receptáculo presurizado como un frasco, botella, cilindro, tanque o similares que sean adecuados para el transporte de PLNG. La tubería entre los contenedores puede ser dispuesta de manera que los contenedores puedan ser cargados con PLNG, un contenedor a la vez, en serie o cargados en grupos, y cualquier contenedor en una serie o cualquier grupo pueda ser cargado o llenado en cualquier secuencia. En esta descripción, las referencias al cargado en serie de los contenedores deben ser también entendidas incluyendo la opción de carga de grupos de contenedores en serie. La secuencia óptima para el llenado de los contenedores o grupos de contenedores en un transporte flotante debe tener en cuenta la inclinación y estabilidad del transporte, que pueden ser determinadas por aquellos hábiles en el arte. Los tanques auxiliares de almacenamiento descritos aquí comprenden uno o más contenedores de almacenamiento que pueden ser del mismo tamaño o de diferentes tamaños que los contenedores en el buque u otro medio de transporte o almacenamiento.

En esta descripción, se asume que todos los contenedores al comienzo del método de carga de PLNG están llenos de vapor residual rico en metano que resulta de una operación de descarga de PLNG. Durante el llenado de PLNG de un contenedor dado, una fracción del vapor desplazado del contenedor dado por el PLNG se usa para presurizar el vapor en otro contenedor que será llenado con PLNG, excepto cuando se está llenando el último contenedor en la serie. Cuando se esté llenando el último contenedor con PLNG, el vapor del último contenedor no puede ser introducido en otro contenedor debido a que

los otros contenedores en el buque están ya llenos de PLNG. Es deseable utilizar el vapor removido del buque, preferiblemente en la misma planta de licuefacción usada para manufacturar el PLNG.

Posteriormente también es deseable que la rata de flujo del vapor de retorno a la planta de licuefacción esté a un porcentaje relativamente constante de la rata de entrada de la planta. Esto es deseable para mantener las especificaciones del PLNG constantes y para mantener las operaciones de la planta en o cerca de condiciones de estado estables. Sin los tanques auxiliares de almacenamiento, la planta podría ver un pico de entre 10 a 25% de su rata de corriente de flujo de entrada cuando se llene el último contenedor. Las implicaciones de este pico pueden requerir disminuir la rata de corriente de flujo de entrada a la planta, o sobre diseñar la planta para manejar este pico de relativamente corta duración (cerca del 10% del tiempo). El pico de la corriente de vapor de retorno rico en metano también puede cambiar la composición del PLNG producto y sus propiedades. Los inventores han descubierto un novedoso sistema de carga de PLNG que usa tanques auxiliares de almacenamiento para mantener una rata de flujo relativamente constante del vapor de retorno rico en metano hacia una planta de licuefacción u otro medio de utilización de vapor adecuado.

La invención será descrita con referencia a los dibujos, donde las líneas de flujo, contenedores y tanques, compresores y otro equipo con numerales similares tienen la misma función en el proceso. Aquellos hábiles en el arte reconocerán, sin embargo, que las líneas de flujo de un contenedor a otro pueden variar en tamaño y capacidad para manejar diferentes ratas de flujo de fluidos y temperaturas.

En una realización preferida de esta invención, el PLNG se carga a los contenedores a bordo del buque, generalmente mostrado en las Figs. 1 A y 1B. La Fig. 1 A muestra una vista lateral de un buque adecuado

que tiene múltiples contenedores o botellas verticalmente elongadas para el transporte de PLNG. La Fig. 1B muestra una vista de planta del mismo buque con una sección de la cubierta removida para mostrar los contenedores, los cuales aparecen como círculos. Se debe entender, sin embargo, que la práctica de esta invención no está limitada a un diseño particular de un contenedor a ser descargado. Tampoco está la práctica de esta invención limitada a contenedores en buques, barcazas u otra embarcación de transporte acuático. Cualquier contenedor adecuado para almacenamiento de PLNG puede ser usado en el método de carga de PLNG de esta invención, ya sea en un buque o en otra facilidad en tierra. Mientras que las Figs. 1 A y 1B muestran múltiples contenedores verticalmente elongados en un buque, los contenedores también pueden ser horizontales, y los contenedores podrían tener cualquier otra forma adecuada tal como esférica.

Los contenedores están conectados a un sistema de tubería para cargar, ventilar y descargar selectivamente los fluidos del contenedor. La tubería usada para cargar los contenedores y pasar el vapor de un contenedor a otro puede ser modificada de aquella esquemáticamente ilustrada en los dibujos, de acuerdo con las enseñanzas de esta invención, dependiendo de la colocación de los contenedores y las regulaciones aplicables de los cuerpos reguladores. En esta descripción de la invención, toda la carga de PLNG y manipulación de vapor se hace por la parte superior de los contenedores. Aunque no se muestra en las Figuras, la carga y descarga de líquido podría ser manejada por conexiones en la parte inferior.

Los contenedores elongados mostrados en las Figs. 1 A y 1B se muestran montados dentro de la bodega del buque. Los contenedores pueden estar contenidos en una caja fría que tenga el aislamiento adecuado para mantener el PLNG a temperaturas criogénicas. Alternativamente, cada contenedor puede ser aislado individualmente.

Cada contenedor estará, generalmente, dentro del rango de aproximadamente 15 a 60 metros de altura y dentro del rango de 3 a 10 metros en el diámetro externo, sin embargo, el tamaño del contenedor no es un factor limitante en esta invención. Los contenedores pueden ser fabricados de cualquier material adecuado capaz de resistir la exposición y el estrés a temperaturas criogénicas bajo las presiones requeridas para mantener el PLNG en o debajo de su temperatura de punto de burbuja.

El término "punto de burbuja" como se usa en esta descripción, significa la temperatura y la presión bajo las cuales el líquido se comienza a convertir en gas. Por ejemplo, si cierto volumen de PLNG se mantiene bajo presión constante, pero su temperatura es incrementada, la temperatura a la cual se comienzan a formar burbujas de gas en el PLNG es el punto de burbuja. De igual manera, si cierto volumen de PLNG se mantiene a temperatura constante pero se reduce su presión, la presión bajo la cual se comienza a formar gas define la presión de punto de burbuja a esa temperatura. En el punto de burbuja, el gas licuado es un líquido saturado. Para la mayoría de composiciones de gas natural, la presión de punto de burbuja del gas natural a temperaturas arriba de los -112° C estará entre aproximadamente 1,380 kPa (200 psia) y cerca de 4,480 kPa (650 psia).

El término gas natural como se usa en esta descripción, significa una existencia de alimentación gaseosa adecuada para la manufactura de PLNG. El gas natural puede contener gas obtenido de un pozo de petróleo crudo (gas asociado) o de un pozo de gas (gas no asociado). La composición de gas natural puede variar significativamente. Como se usa aquí, una corriente de gas natural contiene metano (C_1) como componente principal. El gas natural también contendrá, normalmente, etano (C_2), hidrocarburos mayores (C_{3+}), y menores cantidades de

contaminantes como agua, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, nitrógeno, tierra, sulfuro de hierro, cera y petróleo crudo. Las solubilidades de estos contaminantes varían con la temperatura, presión y composición. Si la corriente de gas natural contiene hidrocarburos pesados que se puedan congelar durante la licuefacción o si los hidrocarburos pesados no se desean dentro del PLNG debido a especificaciones de la composición o si su calor como líquidos de gas natural (NGLs), los hidrocarburos pesados son normalmente removidos por un proceso de fraccionamiento anterior a la licuefacción del gas natural. Bajos las presiones y temperaturas de operación del PLNG, cantidades moderadas de nitrógeno en el gas natural pueden ser toleradas, ya que el nitrógeno se puede mantener en la fase líquida con el PLNG. Debido a que la temperatura de punto de burbuja del PLNG a una presión dada disminuye con el incremento del contenido de nitrógeno, normalmente será deseable manufacturar el PLNG con una concentración de nitrógeno relativamente baja.

La temperatura mínima de PLNG a ser cargado de acuerdo con el método de esta invención, será arriba de aproximadamente -112° C (-170° F). La temperatura máxima del PLNG a ser cargado dependerá principalmente de la composición del PLNG. El gas natural, el cual es predominantemente metano, no puede ser licuado a temperatura ambiente simplemente incrementando la presión, como es el caso de hidrocarburos más pesados usados para propósitos energéticos. La temperatura crítica del metano es -82.5° C (-116.5° F). Esto significa que el metano sólo puede ser licuado debajo de esta temperatura sin importar la presión aplicada. Debido a que el gas natural es una mezcla de hidrocarburos, se licúa en un rango de temperaturas. La temperatura crítica del gas natural es normalmente entre aproximadamente -85° C (-121° F) y -62° C (-80° F). Esta temperatura crítica será la temperatura máxima teórica del PLNG cargado a los contenedores, pero la temperatura preferida de almacenamiento estará,

preferiblemente, varios grados debajo de la temperatura crítica y bajo una presión menor a la presión crítica.

Una realización preferida de la invención será ahora descrita con referencia a las Figs. 2 a 5. las cuales ilustran diagramas de flujo esquemáticos de tres etapas de llenado con PLNG de múltiples contenedores en serie. Los contenedores que serán llenados con PLNG de acuerdo con el método de esta invención, pueden estar localizados en tierra o sobre embarcaciones flotantes, tales como un buque mostrado en las Figs. 1 A y 1B. Las Figs. 2, 3 y 4 ilustran un ejemplo de comunicación de fluidos entre la planta de licuefacción 20, los tanques auxiliares de almacenamiento 10 y 11, y los contenedores 1, 2, 3 y 4, los cuales serán llenados con PLNG de acuerdo con el método de esta invención. La Fig. 2 ilustra la carga de PLNG al contenedor 1 y la presurización del contenedor 2 para la carga de PLNG. La Fig. 3 ilustra la carga del contenedor 3 con el PLNG y la presurización del contenedor 4 para la carga de PLNG y la Fig. 4 ilustra la carga del contenedor 4 y la manipulación del vapor desplazado del contenedor 4.

Refiriéndose a la Fig. 2, una planta de licuefacción 20 recibe gas natural por la línea 21 y licúa al menos una porción del gas para producir una corriente de producto PLNG 22. La planta de licuefacción 20 también producirá, normalmente, constituyentes de combustible y de hidrocarburos más pesados del gas natural, los cuales son llamados líquidos de gas natural (NGL) El NGL puede incluir etano, propano, butano, pentano, isopentano e hidrocarburos mayores, algunos de los cuales pueden ser usados como refrigerantes fabricados para uno o más sistemas de refrigeración de ciclo cerrado usados en la planta de licuefacción 20. Ejemplos de sistemas de licuefacción adecuados para producir PLNG se describen en las Patentes U.S. 6,023,942; 6,016,665; 5,950,453; y 5,956,971. Los contenedores que serán

llenados con el PLNG de acuerdo con esta invención se muestran teniendo numerales de referencia 1, 2, 3 y 4. Aunque que el método de carga de esta invención será descrito aquí usando cuatro contenedores, esta invención no está limitada a un número particular de contenedores. Un buque diseñado para el transporte de PLNG puede tener varios cientos de cilindros presurizables para ser cargados con PLNG. Los contenedores pueden ser cargados un contenedor a la vez o los contenedores pueden ser cargados en grupos de varios contenedores.

Los tanques auxiliares de almacenamiento 10 y 11 se usan en la práctica de esta invención, para amortiguar la rata de flujo del vapor de la planta de licuefacción 20 durante la carga de los contenedores 1, 2, 3 y 4. Los tanques 10 y 11 pueden ser cualquier receptáculo adecuado presurizado para el almacenamiento de PLNG y vapor rico en metano bajo las temperaturas y presiones del PLNG. La capacidad volumétrica óptima de los tanques 10 y 11 dependerá de la cantidad de PLNG a ser cargado en los contenedores, y el tiempo deseado de carga del PLNG en los contenedores. El tanque 10 y el tanque 11 tienen cada uno, preferiblemente, una capacidad volumétrica aproximadamente igual a la capacidad volumétrica del mayor contenedor a ser cargado con PLNG, y más preferible, con una capacidad volumétrica ligeramente mayor a la del contenedor mayor. Teniendo el beneficio de las enseñanzas de esta invención, aquel hábil en el arte pude optimizar el tamaño de los tanques 10 y 11. Los tanques 10 y 11 son preferiblemente posicionados dentro de una caja fría aislada para reducir la transferencia térmica del exterior de los tanques hacia el contenido de los tanques, sin embargo, los tanques también pueden ser aislados individualmente. Los tanques son localizados, preferiblemente, sobre una barcaza cerca a la orilla, pero pueden ser localizados en tierra. Aunque se muestran dos tanques auxiliares de almacenamiento en los dibujos, los tanques de almacenamiento 10 y 11

pueden, cada uno, contener múltiples contenedores conectados entre ellos.

Los contenedores 1, 2, 3 y 4, así como los tanques 10 y 11 están preferiblemente provistos con válvulas de liberación de presión, sensores de presión y temperatura, indicadores de nivel de fluidos, sistemas de alarma de presión y aislamiento adecuado para operaciones criogénicas. Estos sistemas fueron omitidos en los dibujos debido a que aquellos hábiles en el arte están familiarizados con la construcción y operación de dichos sistemas, los cuales no son esenciales para el entendimiento de la práctica de esta invención.

En esta descripción de la realización preferida, se asume que el buque de PLNG llega a un terminal de carga con los contenedores llenos de vapor residual resultante de la operación de descarga de PLNG. Posteriormente se asume que el contenedor 1 fue el último contenedor desocupado de PLNG en la operación de descarga, y que contiene vapor bajo una presión aproximadamente igual que, y preferiblemente bajo una presión ligeramente mayor que, la presión del PLNG que será cargado en el contenedor 1. Y es también posteriormente asumido que la presión del vapor en los otros contenedores (contenedores 2, 3 y 4 en la Fig. 2) es substancialmente menor que la presión de vapor del contenedor 1. Sin embargo, esta invención no está limitada a las condiciones de presión de vapor que son asumidas en esta descripción. La presión de vapor puede estar dentro del rango de presión ambiental a una presión ligeramente arriba de la presión de punto de burbuja del PLNG. Como se describe en la solicitud de Patente U.S. copendiente 09/464987 por J. R. Rigby, cuando se descarga PLNG de contenedores en un terminal de importación, es deseable dejar el último contenedor bajo la presión del PLNG saliente para facilitar la carga futura de PLNG en el terminal de exportación. Los otros contenedores, preferiblemente tienen vapor a una presión

relativamente baja para reducir la masa de carga rica en metano que se regresará con el buque.

Después de la operación de descarga de PLNG, los contenedores se mantendrán, preferiblemente, a un temperatura relativamente constante para el viaje de regreso, preferiblemente a una temperatura substancialmente igual a la temperatura de punto de burbuja del PLNG producido. La fluctuación significativa en la temperatura de los contenedores puede causar estrés térmico no deseable en los materiales del contenedor, sistemas múltiples y sistemas de soporte de los contenedores. El vapor en los contenedores puede ser mantenido a una temperatura relativamente constante durante el viaje de regreso del buque por cualquier medio adecuado. Por ejemplo, un sistema de relicuefacción puede suministrar trabajo de refrigeración para el enfriamiento del vapor residual en los contenedores durante el viaje de regreso extrayendo el vapor de los contenedores, relicuándolo y introduciéndolo de nuevo en los contenedores. Este método también puede ser usado para mantener el sistema de succión a la temperatura de operación, así reduciendo el tiempo de preparación para la carga en el terminal de exportación.

Si el primer contenedor a ser llenado con PLNG (contenedor 1 en la Fig. 2) contiene vapor a una temperatura significativamente mayor que la temperatura del PLNG a ser cargado allí, la temperatura del vapor puede ser reducida por cualquier medio adecuado antes que comience la carga del PLNG o en el proceso de cargado. Entre mayor sea la diferencia de temperaturas entre el vapor de mayor temperatura en un contenedor y la temperatura del PLNG, mayor será la cantidad de vapor de ebullición no deseado que será producido mientras el PLNG entra al contenedor. Los proceso adecuados para la reducción de la temperatura interior de un contenedor deben ser familiares para aquellos hábiles en el arte.

Si el contenedor 1 está lleno con vapor bajo una presión substancialmente menor a la presión de punto de burbuja del PLNG mientras el líquido entra por la parte inferior del contenedor 1, para evitar la posibilidad de que el PLNG explote durante la operación de carga, la presión del vapor en el contenedor 1 puede ser incrementada por cualquier medio adecuado. Por ejemplo, el vapor del tanque de almacenamiento 10 puede ser introducido al contenedor 1 hasta que la presión del vapor allí contenido sea substancialmente la misma que la presión de punto de burbuja del PLNG, y preferiblemente, ligeramente mayor que la presión de punto de burbuja.

Refiriéndose a la Fig. 2, una vez que la presión del vapor y la temperatura del vapor en el contenedor 1 estén cerca de la presión y temperatura del PLNG que será cargado allí, el PLNG se pasa por la línea 22 y a través del tubo de alimentación 23 que introduce el PLNG a la parte inferior del contenedor 1. Es deseable mantener la presión del PLNG arriba del punto de burbuja del líquido durante la carga. Así pues, la presión se mantiene esencialmente constante en la parte inferior del contenedor en la presión del punto de burbuja del PLNG mas la cabeza estática del PLNG en el contenedor 1 cuando está lleno del líquido. De esta manera, la presión en la parte superior del tubo de llenado del contenedor es, al menos la presión del punto de burbuja del PLNG y no se forma vapor en las líneas de flujo durante la carga. Mientras entra el PLNG, el vapor contenido allí es ventilado en una forma regulada por la parte superior del contenedor 1 por la línea 24. La presión del vapor puede ser regulada por cualquier dispositivo de regulación de flujo de fluidos adecuado (no se muestra en los dibujos) para mantener la presión del PLNG en la parte inferior del contenedor, esencialmente constante.

Una fracción del vapor desplazado del contenedor 1 es preferiblemente pasada a la planta de licuefacción 20 por la línea 26 (u opcionalmente el vapor puede ser total o parcialmente usada como combustible para mover turbinas o motores, no mostrados en los dibujos), y otra fracción del vapor del contenedor 1 se pasa por las líneas 25 y 28 al contenedor 2.

La Fig. 2 muestra la fracción de vapor que pasa de la planta de licuefacción 20 después que el vapor en la línea 24 ha sido presurizado posteriormente por el compresor 31. El compresor 31 puede ser localizado en el buque o en el terminal o puede ser un compresor usado en la planta de licuefacción 20. Aunque no se muestra en la Fig. 2, la corriente de vapor en la línea 26 puede ser opcionalmente sacada de la línea 24 antes que el compresor 31 presurice posteriormente el vapor. Enviar la corriente de vapor a la planta 20 sin haber sido presurizada primero por el compresor 31 puede ser deseable, por ejemplo, si dicha presurización es más económica al ser realizada en la planta de licuefacción 20 o si la corriente de vapor puede ser usada en la planta 20 sin presurización posterior. Aunque no se muestra en los dibujos, la corriente de vapor en la línea 26 puede ser opcionalmente pasada al sistema de licuefacción que es independiente de la planta de licuefacción para licuar la corriente de vapor, y el líquido resultante puede entonces ser bombeado a una presión mayor y mezclado con el PLNG de salida de la planta de licuefacción 20.

Antes que el vapor de la línea 25 entre al contenedor 2, al menos parte del vapor es calentado, si es necesario, para mantener la temperatura del vapor en el contenedor 2 arriba de la temperatura mínima diseñada del material del contenedor. Del compresor 31, la fracción del vapor en la línea 25, se pasa a un intercambiador de calor 32 donde la corriente de vapor se calienta por intercambio térmico indirecto con cualquier medio de transferencia térmica adecuado. Ejemplos no limitantes de

fuentes térmicas adecuadas pueden incluir gases de exhosto de las máquinas del buque y fuentes ambientales tales como aire, agua salada y agua dulce. Del intercambiador de calor 32, el vapor calentado se introduce al contenedor 2 por la línea 28.

Aunque no se muestra en la Fig. 2, un dispositivo de regulación adecuado, preferiblemente localizado en la línea 25, regula la rata de flujo del vapor hacia el contenedor 2. La rata de flujo y la presión de la corriente de vapor pasada al contenedor 2 es preferiblemente controlada para tener el llenado del contenedor 1 completo en esencialmente el mismo tiempo en que el contenedor 2 está adecuadamente presurizado para el llenado inmediato de PLNG.

En la etapa inicial de llenado de PLNG del contenedor 1, la presión de vapor en la línea 24 es suficientemente alta para incrementar la presión de vapor en el contenedor 2 sin usar el compresor 31. En la etapa inicial de llenado del contenedor 1, el compresor no es, por consiguiente, requerido y la fracción de vapor a ser pasada al contenedor 2, puede opcionalmente pasarse el compresor 31 y puede ser enviada directamente al intercambiador de calor 32. En la etapa posterior del llenado del contenedor 1, la presión de vapor en la línea 24 gradualmente decrece hasta cerca del final de la operación de llenado de PLNG, la presión del vapor puede no ser suficiente para presurizar el contenedor 2 a la presión deseada sin presurización posterior con el compresor 31.

En la etapa inicial de presurización del vapor del contenedor 2, para mantener la temperatura del vapor en el contenedor 2 arriba de los límites diseñados del material, el vapor que entra necesitará ser calentado para compensar la caída en la temperatura causada por la reducción de la presión isentálpica al pasar de una condición de presión relativamente alta en el contenedor 1, a una condición de presión relativamente baja en el contenedor 2. Durante la etapa

posterior de llenado de PLNG del contenedor 1, la presión del vapor en el contenedor 2 se acerca a la presión de vapor relativamente alta en el contenedor 1, debido a que la caída de temperatura es mínima. Por consiguiente, en la etapa posterior del llenado del contenedor 1 con PLNG, el vapor presurizado por el compresor 31 puede, opcionalmente, pasarse el intercambiador de calor 32 y ser enviado directamente al contenedor 2. La siguiente descripción de una corriente de flujo de vapor opcional que se pasa el compresor 31 en la etapa inicial de llenado del contenedor 1 con PLNG y una corriente de flujo opcional que se pasa el intercambiador de calor 31 en la etapa posterior de llenado del contenedor 1 con PLNG no se muestran el los dibujos.

La fuente de PLNG para el llenado del contenedor 1 con PLNG es en parte obtenida del tanque auxiliar 11. Al comienzo de la operación de carga de PLNG, el PLNG del tanque auxiliar 11 es retirado del tanque 11 por la línea 39, bombeado a una presión mayor por la bomba 41, y combinado con PLNG de la planta en la línea 22. La corriente de PLNG combinado se pasa al contenedor 1. La rata de flujo del PLNG desde el tanque 11 es regulada por dispositivos de regulación adecuados, no mostrados en los dibujos, para asegurar que el tanque 11 esté esencialmente desocupado de PLNG antes que el contenedor 4 sea llenado con PLNG, y preferiblemente el tanque 11 esté desocupado de PLNG antes que aproximadamente la mitad de los contenedores sean cargados con PLNG.

Refiriéndose otra vez a la Fig. 2, durante el vaciado de PLNG del tanque 11, el vapor previamente almacenado en el tanque de almacenamiento 10 se transfiere al tanque 11 para llenar el espacio dejado por el PLNG saliente. Para minimizar la explosión del PLNG, la presión del vapor arriba del PLNG en el tanque 11 es al menos mantenida a la misma presión de la presión del punto de burbuja del

PLNG. El vapor es retirado del tanque 10 por la línea 35 y se pasa por el compresor 30 para presurizar el vapor a una presión de vapor relativamente alta en el tanque 11. El vapor presurizado sale del compresor 30 y se separa en dos corrientes, 36 y 37. La corriente 36 se pasa al tanque 11 y la corriente 37 se pasa por el intercambiador de calor 38 para calentar la corriente de vapor comprimida 37 antes se le regrese al tanque 10 por la línea 34. Cualquier medio de transferencia térmica puede ser usado en el intercambiador de calor 38 para transferencia térmica indirecta con el vapor comprimido en la línea 37. Ejemplos no limitantes de fuentes térmicas adecuadas pueden incluir gases de exhosto de las máquinas del buque y fuentes ambientales tales como aire, agua salada y agua dulce. El intercambiador de calor 38 se muestra como un intercambiador de calor separado del intercambiador de calor 32, pero un intercambiador de calor puede ser usado para calentar por separado el vapor en las líneas 25 y 37. Del intercambiador de calor 38, el vapor calentado se introduce en el tanque 10 a una rata que mantenga la temperatura del vapor en el tanque 10 arriba de la temperatura diseñada del tanque mientras la presión del tanque 10 es disminuida. Aunque la rata de flujo de gas por la línea 36 el relativamente constante, la rata de flujo del vapor reciclado de calentamiento en la línea 37 es variable dependiendo de las necesidades de calentamiento para mantener el tanque 10 arriba de la temperatura mínima diseñada. Durante el proceso de carga, la planta mantiene un flujo de entrada de gas por la línea 21 y produce combustible o NGLs por la línea 27. Los contenedores 3 y 4 se mantienen esencialmente inactivos en la Fig. 2 excepto por la ebullición.

La Fig. 3 muestra un diagrama de flujo esquemático de líneas de flujo para la carga de PLNG al contenedor 3 de acuerdo con la realización preferida de esta invención. En el esquema mostrado en la Fig. 3, se asume que los contenedores 1 y 2 han sido llenados con PLNG.

Mientras se introduce PLNG a la parte inferior del contenedor 3 por la línea 23', el vapor encima del PLNG en el contenedor es forzado hacia afuera por la línea 24'. El vapor en la línea 24' es comprimido por el compresor 31, y se pasa una fracción por la línea 25 al intercambiador de calor 32 y luego se pasa al contenedor 4 por la línea 28'. Una fracción del vapor que sale del contenedor 3 se pasa a la planta por la línea 26, como se describe arriba con respecto al vapor que sale del contenedor 1, el vapor que se envía a la planta puede ser sacado ya sea, antes o después del compresor 31. Todos los contenedores están llenos de PLNG en serie usando los mismos pasos de carga de PLNG, ventilación de vapor y presurización de vapor descritos aquí hasta que el último contenedor sea llenado con PLNG. Descripciones detalladas de las líneas de flujo y la operación del tanque 11 están contenidas en la descripción abajo de la Fig. 5D.

La Fig. 4 muestra el equipo principal usado en el método de esta invención para la carga de PLNG al contenedor 4, el último contenedor de la serie de contenedores cargados en esta descripción. El PLNG se pasa de la planta de licuefacción 20 por la línea 22 a la parte inferior del contenedor 4 por la tubería 23". El vapor es ventilado del contenedor 4 a un rata controlada para suministrar un cojín presurizado de vapor encima del PLNG mientras el líquido entra a la parte inferior del contenedor 4. El vapor del contenedor 4 se pasa por la línea 24" al compresor 31. Del compresor 31, el vapor es dividido en dos corrientes. Una primera corriente pasa por la línea 26 a la planta de licuefacción 20 y una segunda corriente pasa por la línea 25, a través del intercambiador de calor 32 para el calentamiento de la segunda corriente y luego se pasa al tanque 11 por la línea 34''. El vapor se calienta para mantener una temperatura de vapor en el tanque 11 por encima de la temperatura predeterminada diseñada del material. El vapor se introduce en el contenedor 11 hasta que la presión del vapor

allí contenido sea esencialmente la misma que la presión de punto de burbuja del PLNG mas la cabeza líquida de un contenedor lleno.

Las Figs. 5 A a 5G muestran en forma esquemática la condición de los tanques auxiliares de almacenamiento 10 y 11 durante diferentes etapas de la carga de PLNG en múltiples contenedores de acuerdo con la práctica de esta invención. En estos dibujos, el símbolo "LP" significa una presión relativamente baja, por ejemplo 100 psia, y el símbolo "HP" significa una presión relativamente alta, por ejemplo la presión de punto de burbuja del PLNG. El símbolo "LP → HP" (usado en las Figs. 5F y 5G) significa que el tanque 11 de la Fig. 5F y el tanque 10 de la Fig. 5G están siendo sometidos a un incremento de la presión durante la etapa mostrada en la figura aplicable, y de igual manera, el símbolo "HP → LP" (usado en las Figs. 5B y 5D) significa que el tanque 10 de la Fig. 5B y el tanque 11 de la Fig. 5D están siendo sometidos a una disminución en la presión.

La Fig. 5 A ilustra la condición de los tanques 10 y 11 cuando un buque recién llega para llenado con PLNG, antes que cualquier carga de PLNG se haya llevado a cabo. El tanque 10 está lleno de vapor a alta presión que es rico en metano, preferiblemente a una presión substancialmente igual que la presión de punto de burbuja del PLNG, y el tanque 11 está lleno de PLNG que está substancialmente bajo las mismas condiciones de presión y temperatura del PLNG que será cargado en los contenedores del buque.

La Fig. 5B ilustra la condición de los tanques 10 y 11 durante la carga del contenedor 1 durante la etapa de carga ilustrada en la Fig. 2. El vapor en el tanque 10 está siendo retirado y comprimido, una porción se pasa al tanque 11 para desplazar el PLNG desde el tanque y otra porción se calienta y se regresa al tanque 10. Mientras el tanque 11 se está vaciando de PLNG, la presión del tanque 10 disminuye de la

presión de punto de burbuja del PLNG a una presión relativamente baja.

La Fig. 5C ilustra las condiciones de los tanques 10 y11 en la etapa en que el tanque 11 ha sido desocupado de PLNG. El tanque 10 está lleno de vapor a baja presión y el tanque 11 está lleno de vapor a alta presión.

La Fig. 5D ilustra la remoción del vapor del tanque 11 y el paso de al menos algo del vapor retirado por la línea 40 a la planta de licuefacción, y opcionalmente usando una fracción de este vapor como combustible. La Fig. 5D ilustra la condición de los tanques 10 y 11 durante la carga de PLNG en el contenedor 3 como se ilustra en la Fig. 3. El vapor retirado del tanque 11 por la línea 35' es comprimido por el compresor 30, dividido en dos corrientes, una es la corriente 37 que es calentada por el intercambiador de calor 38 y regresada al tanque 11 por la línea 34' para garantizar que la temperatura del vapor del tanque 11 no caiga por debajo de la temperatura mínima diseñada para el tanque, y la otra corriente 40 se regresa a la planta. Durante esta etapa, la presión de vapor del tanque 11 se reduce.

La Fig. 5E ilustra las condiciones de los tanques 10 y 11 después que el paso de retiro de vapor de la Fig. 5D ha sido completado, ambos tanques, 10 y 11, están llenos de vapor a baja presión .

La Fig. 5F ilustra la condición de los tanques 10 y 11 correspondiente a la etapa del método de llenado mostrado en la Fig. 4. En esta etapa, el contenedor 4 está siendo llenado con PLNG y el vapor a alta presión del contenedor 4 está pasando al compresor 31 donde el vapor es posteriormente presurizado. Una fracción del vapor presurizado se calienta y se pasa al contenedor 11 por la línea 34" para incrementar la presión del vapor allí contenido. Una segunda fracción del vapor

presurizado se pasa, por la línea 26 a la planta de licuefacción 20. Durante esta etapa, la presión del vapor en el tanque 11 es gradualmente incrementada y la temperatura del vapor en el tanque 11 es mantenida relativamente constante a aproximadamente a la temperatura de punto de burbuja original del PLNG.

La Fig. 5G ilustra la etapa de rellenado de PLNG en el tanque 11 después que el buque ha sido llenado con PLNG para preparar los tanques 10 y 11 para la carga de otro buque con PLNG. Esta etapa ocurre después que el contenedor 4 ha sido llenado con PLNG. La fuente de PLNG para rellenar el tanque 11 es preferiblemente la planta de licuefacción 20. El PLNG se introduce a la parte inferior del tanque 11 por la línea 39''' y el vapor a alta presión encima del PLNG es ventilado fuera del tanque 11 por la línea 35''' de una manera regulada de modo que se mantenga la presión del PLNG en la parte inferior del tanque 11, relativamente constante. El llenado del tanque 11 es similar a la carga del contenedor 1 como se describe arriba. El vapor desplazado del tanque 11 se pasa por la línea 35''' al compresor 31 para presurizar el vapor para recuperar las pérdidas de presión asociadas con las pérdidas por fricción en el equipo de manipulación de fluidos en el transporte del vapor del tanque 11 al tanque 10 y para suministrar la presión necesaria para presurizar el vapor introducido al tanque 10 por la línea 25 a través del intercambiador de calor 32 y por la línea 34''' hasta substancialmente la presión de punto de burbuja del PLNG mas la cabeza líquida del contenedor lleno de PLNG. Una porción del vapor presurizado se pasa por la línea 26 a la planta de licuefacción 20. Opcionalmente, la fracción de vapor que está siendo pasada a la planta puede ser retirada de una línea de flujo de vapor, corriente arriba del compresor 31. Al final de esta etapa, el tanque 11 está lleno con PLNG y el tanque 10 está lleno con vapor a alta presión, la condición de los tanques 10 y 11 es descrita en la Fig. 5 A.

Ejemplo

Un balance hipotético de masa y de energía se llevaron a cabo para ilustrar la realización ilustrada en las Figs. 2-4, y los resultados se muestran en las tablas 1-4 abajo.

Los datos presentados en las Tablas se ofrecen para suministrar un mejor entendimiento de la presión y temperaturas de las corrientes de flujo en las Figs. 2-4, pero la invención no se debe tomar como innecesariamente limitada a esto. La Tabla 1 suministra datos de composición para la carga de los contenedores bajo varias condiciones. Las composiciones son nominales y varían en función del tiempo del método de carga. Se asume que cada uno de los contenedores tiene una capacidad de 828 m^3 y que tienen una diferencia de elevación de 46 metros entre la parte superior del contenedor hasta su parte inferior. Se debe anotar que las ratas de carga del PLNG pueden afectar estas composiciones. La Tabla 2 suministra datos de las líneas de flujo asociadas con la Fig. 2, la Tabla 3 presenta datos de las líneas de flujo asociadas con la Fig. 3 y la Tabla 4 suministra datos para las líneas de flujo asociadas con la Fig. 4. Las temperaturas, presiones y composiciones no deben ser consideradas como limitantes de la invención que puede tener muchas variaciones en las composiciones de la carga y las ratas de flujo en vista de las enseñanzas aquí incluidas. En este ejemplo, los contenedores llenos de líquido fueron llenados hasta un 98% por volumen líquido (PLNG) con 2% de espacio de vapor y la carga del buque fue dividida en 10 bloques de contenedores del mismo tamaño con cada bloque consistente en 24 contenedores; la capacidad volumétrica de cada bloque fue de aproximadamente 20,000 m^3 y el total de la capacidad volumétrica de los dos tanques de

almacenamiento de igual tamaño también era de aproximadamente 20,000 m^3.

En este ejemplo, la rata de flujo de vapor de retorno total combinada a la planta de licuefacción, u otro medio de utilización de vapor adecuado, por las líneas 26 y 40 se mantuvo constante como un porcentaje de la corriente de flujo de entrada de la planta 20 (corriente 21). Varios factores fueron considerados para determinar la constante de la rata de flujo de vapor de retorno constante, incluyendo la cantidad de vapor remanente en los contenedores antes de la carga del buque; las condiciones ambientales, y la temperatura de los contenedores y los tanques auxiliares de almacenamiento antes que el llenado con PLNG comience. Al evaluar esas condiciones, aquel hábil en el arte que tenga el beneficio de las enseñanzas de esta invención puede usar los tanques de almacenamiento 10 y 11 como un sistema amortiguador para lograr una rata de flujo de vapor de retorno relativamente constante a la planta de licuefacción.

Tabla 1 - Porcentaje Molar de los componentes bajo varias condiciones en el contenedor

Componente	Contenedor o Tanque Lleno de PLNG	Composición de Vapor a alta presión	Composición de Vapor a baja presión
C_1	93.86	98.716	98.70
C_2	4.01	0.82	0.76
C_3	0.28	0.03	0.03
C_{4i}	0.43	0.03	0.07
C_{4n}	0.13	0.008	0.02
C_{5i}	0.18	0.01	0.04
C_{5n}	0.05	0.003	0.01
C_{6+}	0.05	0.003	0.01
CO_2	1.01	0.38	0.36
Temperatura ° C (° F)	-95 (-139)	-95 (-139)	-95 (-139)
Presión en la parte inferior de un contenedor durante la carga de PLNG. Kpa (psia)	2999 (435)	2999 (435)	876 (127)

Tabla 2

Corriente	Porcentaje de PLNG cargado al contenedor 1	Porcentaje de PLNG en el tanque 1	Vapor/ Líquido	°C	°F	kPa	psia
23@inferior*	0	98	L	-95	-139	2,999	435
24	0	98	V	-95	-139	2,999	435
28	0	98	V	-96	-140	876	127
35	0	98	V	-95	-139	2,999	435
36	0	98	V	-96	-140	2,848	413
34	0	98	V	10	50	2,999	435
23@inferior*	49	88	L	-95	-139	2,999	435
24	49	88	V	-95	-139	2,910	422
28	49	88	V	-96	-140	2,158	313
35	49	88	V	-95	-139	2,785	404
36	49	88	V	-92	-134	2,861	415
34	49	88	V	10	50	2,785	404
26	49	88	V	-91	-132	3,103	450
22	49	88	L	-96	-140	3,103	450
39	49	88	L	-95	-139	2,827	410
23@inferior*	98	78	L	-95	-139	2,999	435
24	98	78	V	-95	-139	2,827	410
28	98	78	V	-92	-133	2,999	435
35	98	78	V	-95	-139	2,572	373
36	98	78	V	-87	-124	2,875	417
34	98	78	V	10	50	2,572	373

*condiciones de PLNG en el extremo inferior de la línea de flujo 23.

Tabla 3

Corriente	Porcentaje de PLNG cargado al contenedor 1	Porcentaje de PLNG en el tanque 1	Vapor/ Líquido	°C	°F	kPa	psia
23'@inferior*	0	0	L	-95	-139	2,999	435
24'	0	0	V	-95	-139	2,999	435
28'	0	0	V	-96	-140	897	127
35'	0	0	V	-95	-139	1,303	189
40	0	0	V	-44	-48	3,103	450
34'	0	0	V	10	50	1,303	189
23'@inferior*	49	0	L	-95	-139	2,999	435
24'	49	0	V	-95	-139	2,910	422
28'	49	0	V	-96	-140	2,158	313
35'	49	0	V	-95	-139	1,062	154
40	49	0	V	-29	-20	3,103	450
34'	49	0	V	10	50	1,062	154
26	49	0	V	-91	-132	3,103	450
22	49	0	L	-96	-140	3,103	450
23'@inferior*	98	0	L	-95	-139	2,999	435
24'	98	0	V	-95	-139	2,827	410
28'	98	0	V	-92	-133	2,999	435
35'	98	0	V	-95	-139	897	127
40	98	0	V	-8	18	3,103	450
34'	98	0	V	10	50	2,944	427

*condiciones de PLNG en el extremo inferior de la línea de flujo 23'.

Tabla 4

Corriente	Porcentaje de PLNG cargado al contenedor 1	Porcentaje de PLNG en el tanque 1	Vapor/ Líquido	°C	°F	kPa	psia
23"@inferior*	0	0	L	-95	-139	2,999	435
24"	0	0	V	-95	-139	2,999	435
34"	0	0	V	-96	-140	876	127
23"@inferior*	50	0	L	-95	-139	2,999	435
24"	50	0	V	-95	-139	2,910	422
34"	50	0	V	-96	-140	1,937	281
26	50	0	V	-91	-132	3,103	450
22	50	0	L	-96	-140	3,103	450
23"@inferior*	98	0	L	-95	-139	2,999	435
24"	98	0	V	-95	-139	2,827	410
34"	98	0	V	-91	-132	2,999	435

*condiciones de PLNG en el extremo inferior de la línea de flujo 23".

Una persona hábil en el arte, particularmente alguien que tenga el beneficio de las enseñanzas de esta patente, reconocerá muchas modificaciones y variaciones a los proceso específicos revelados arriba. Por ejemplo, una variedad de temperaturas y de presiones pueden ser usadas de acuerdo con la invención, dependiendo del diseño general del sistema y la composición del PLNG. Las condiciones del viaje de regreso y las operaciones de licuefacción influyen enormemente en la temperatura y la presión de los contenedores. Una variación adicional de la masa dejada en el buque ocurrirá si el vapor en los contenedores estaba suministrando el combustible del buque. También, las conexiones de tubería entre los contenedores de PLNG pueden ser complementadas o reconfiguradas dependiendo de los requerimientos del diseño general para lograr los requerimientos óptimos de intercambio térmico. Como se discute arriba, las realizaciones específicamente reveladas y los ejemplos no deben ser usados para limitar o restringir el alcance de la invención, el cual es determinado por las reivindicaciones abajo y sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

Lo que se reivindica es:

1. Un método para cargar gas natural licuado presurizado en múltiples contenedores que contienen vapor presurizado, donde los contenedores son cargados en serie, que comprende los pasos de:
   (a) introducir el gas licuado a los contenedores, así descargando el vapor allí contenido;
   (b) pasar el vapor descargado de al menos algunos de los contenedores a tanques auxiliares de almacenamiento que comprenden un primer tanque y un segundo tanque, sacando el vapor de al menos uno de los tanques, y pasar el vapor retirado a un medio de utilización de vapor; y
   (c) regular el flujo de fluidos desde y hacia el primer y segundo tanques para garantizar que la rata de flujo total de vapor al medio de utilización de vapor se mantenga a una rata de flujo relativamente constante.

2. El método de la reivindicación 1 donde el medio de utilización de gas es una planta de licuefacción la cual licúa una corriente de alimentación de gas.

3. El método de la reivindicación 2 donde la rata de flujo de vapor a la planta de licuefacción de gas es una rata de flujo relativamente constante como un porcentaje de la corriente de alimentación a la planta de licuefacción.

4. El método de la reivindicación 1 donde el medio de utilización de vapor comprende equipo de consumo de combustible.

5. El método de la reivindicación 1 además comprende, antes del paso (a) un paso adicional de presurización del vapor en al menos uno de los contenedores para substancialmente la presión del gas licuado que será introducido en ellos.

6. El método de la reivindicación 2 además comprende, antes del paso (a) un paso adicional de enfriamiento del vapor presurizado en al menos uno de los contenedores para substancialmente la temperatura del gas licuado que será introducido en ellos.

7. El método de la reivindicación 1 además comprende, simultáneamente con la introducción del gas licuado al primer contenedor de múltiples contenedores, el paso adicional de pasar una fracción del vapor descargado del primer contenedor a un segundo contenedor a ser llenado con el gas licuado.

8. El método de la reivindicación 1 donde la capacidad volumétrica de cada tanque es substancialmente la misma capacidad volumétrica de un contenedor de los múltiples contenedores.

9. El método de la reivindicación 1 además comprende la presurización del vapor descargado de un primer contenedor de los múltiples contenedores pasando el vapor descargado a un compresor, separando dicho vapor presurizado a una primera corriente de vapor

y una segunda corriente de vapor, pasando la primera corriente de vapor al medio de utilización de vapor, calentando la segunda corriente de vapor y pasar la corriente de vapor calentada a un segundo contenedor de los múltiples contenedores para incrementar la presión del vapor en el segundo contenedor.

10. El método de la reivindicación 9 donde la presión del segundo contenedor es incrementada hasta substancialmente la misma presión que la presión de punto de burbuja del gas licuado.

11. El método de la reivindicación 9 donde la presión del segundo contenedor es incrementada hasta substancialmente la misma presión que la presión de punto de burbuja del gas licuado mas la presión de la cabeza estática del segundo contenedor cuando está lleno de gas licuado.

12. El método de la reivindicación 1 donde el gas licuado introducido en el primer contenedor es al menos en parte obtenido al sacar el gas licuado del segundo tanque.

13. El método de la reivindicación 12, durante la extracción del gas licuado del segundo tanque, retirar un vapor rico en metano del primer tanque de almacenamiento, comprimir el vapor rico en metano retirado, separar el vapor rico en metano en una primera corriente de vapor y una segunda corriente de vapor, calentar la primera corriente de vapor y pasarla de regreso al primer tanque de almacenamiento, y pasar la segunda corriente de vapor al segundo tanque de almacenamiento.

14. El método de la reivindicación 1 además comprende los pasos de pasar el vapor descargado del último contenedor que está siendo llenado con gas licuado presurizado a un compresor para presurizar el vapor descargado, pasar una primera fracción del vapor presurizado a un medio de utilización de vapor y calentar la segunda fracción de vapor presurizado y pasar la segunda fracción calentada al segundo tanque.

15. El método de la reivindicación 1 además comprende el paso de regulación de la presión del vapor desplazado del primer contenedor de manera tal que la presión del gas licuado en la parte inferior de los contenedores se mantenga esencialmente constante durante la carga del gas licuado en el primer contenedor.

16. El método de la reivindicación 1 donde la temperatura del vapor descargado es superior a los -112° C.

17. El método de la reivindicación 1 donde el gas licuado presurizado es gas natural licuado presurizado que tiene una temperatura arriba de -112° C y una presión esencialmente en su punto de burbuja.

18. El método de la reivindicación 1 además comprende, antes del paso (a), el paso adicional de introducir el vapor calentado al primer contenedor y mantener la temperatura de la temperatura del

vapor en el contenedor en o arriba de una temperatura mínima predeterminada.

19. El método de la reivindicación 1 donde la presión del vapor en el primer contenedor o grupo de contenedores al comienzo del método de carga es substancialmente la misma que la presión de punto de burbuja del gas licuado mas la cabeza hidrostática de un contenedor lleno de gas licuado.

20. El método de la reivindicación 1 además comprende la regulación de la presión del vapor introducido al segundo tanque para mantener la presión del gas licuado en la parte inferior del tanque esencialmente constante durante la carga de PLNG.

21. El método de la reivindicación 1 donde los múltiples contenedores a ser cargados con gas licuado están abordo de un buque y los tanques auxiliares de almacenamiento están localizados fuera del buque.

22. El método de la reivindicación 1 además comprende la regulación de la presión del vapor introducido al segundo tanque para mantener la presión del gas licuado en la parte inferior del tanque esencialmente constante durante la carga del gas licuado allí contenido.

23. Un método para cargar gas licuado presurizado en múltiples contenedores que contienen vapor a presión, donde los contenedores se cargan en serie, que comprende los pasos de:

(a) introducir el gas licuado a un primer contenedor, descargando así el vapor allí contenido;

(b) presurizar el vapor descargado del primer contenedor pasando el vapor descargado a un compresor, separar dicho vapor presurizado en una primera corriente de vapor y una segunda corriente de vapor, pasar la primera corriente de vapor a un medio de utilización de vapor, calentar la segunda corriente de vapor y pasar la segunda corriente calentada de vapor al segundo contenedor de los múltiples contenedores para incrementar la presión del vapor en el segundo contenedor;

(c) pasar el vapor descargado de al menos algunos de los contenedores a tanques auxiliares de almacenamiento comprendidos por un primer tanque y un segundo tanque, retirar el vapor de al menos uno de los tanques, y pasar el vapor retirado a un medio de utilización de vapor;

(d) regular el flujo de fluidos de y hacia el primer y segundo tanques para amortiguar la rata de flujo de vapor al medio de utilización de vapor, donde al comienzo del método de carga de los contenedores con gas licuado, el primer tanque será llenado con vapor a presión relativamente alta y el segundo tanque contiene gas licuado presurizado, dicha regulación de flujo de fluidos comprende los pasos de:

(i) retirar el gas licuado presurizado del segundo tanque y pasar el gas licuado presurizado retirado a al menos uno de los contenedores y simultáneamente retirar vapor del primer tanque, presurizar el vapor retirado y pasar una primera fracción del vapor presurizado al segundo tanque y calentar la segunda fracción del

vapor presurizado y pasar la segunda fracción calentada al primer tanque, al final de este paso, el segundo tanque esta siendo substancialmente vaciado de gas licuado presurizado y contiene vapor a presión relativamente alta y el primer tanque contiene vapor a presión relativamente baja;

(ii) retirar el vapor del segundo tanque, presurizar el vapor y pasar una fracción del vapor presurizado a un medio de utilización de vapor y calentar la segunda fracción del vapor presurizado y pasar el vapor presurizado al segundo tanque, al final de este paso el primer y segundo tanques contienen vapor a una presión relativamente baja;

(iii) pasar el vapor descargado del último contenedor que se está llenando con gas licuado presurizado a un compresor para presurizar el vapor, pasar una primera fracción del vapor presurizado a un medio de utilización de vapor y calentar una segunda fracción de vapor presurizado y pasar la segunda fracción calentada al segundo tanque, al final de esta etapa, el primer tanque contiene vapor a una presión relativamente baja y el segundo tanque contiene vapor a una presión relativamente alta; y

(iv) introducir el gas licuado presurizado al segundo tanque y descargar el vapor allí contenido, presurizar el vapor descargado de este paso y dividir el vapor en una primera fracción y una segunda fracción, calentar la primera fracción de vapor y pasar la primera fracción calentada al primer tanque y pasar la segunda fracción al medio de utilización de gas, al final de este paso, el primer tanque contiene vapor a una presión

relativamente alta y el segundo tanque contiene gas licuado presurizado.

24. Un método para cargar gas licuado presurizado a múltiples contenedores llenos con vapor rico en metano, donde los contenedores se cargan en serie, que comprende los pasos de:

(a) introducir el gas licuado en los contenedores, descargando así el vapor allí contenido;

(b) pasar una primera fracción del vapor descargado del contenedor a un medio de utilización de vapor;

(c) pasar una segunda fracción del vapor descargado a tanques auxiliares de almacenamiento comprendidos por un primer tanque y un segundo tanque, y pasar al menos una porción de la segunda fracción de vapor de al menos uno de los tanques auxiliares al medio de utilización de vapor; y

(d) controlar la cantidad de la primera fracción de vapor pasada al medio de utilización de vapor con relación a la cantidad de la segunda fracción de vapor pasada al medio de utilización de vapor para garantizar que la rata de flujo total de vapor al medio de utilización de vapor se mantenga a una rata de flujo generalmente constante.

7

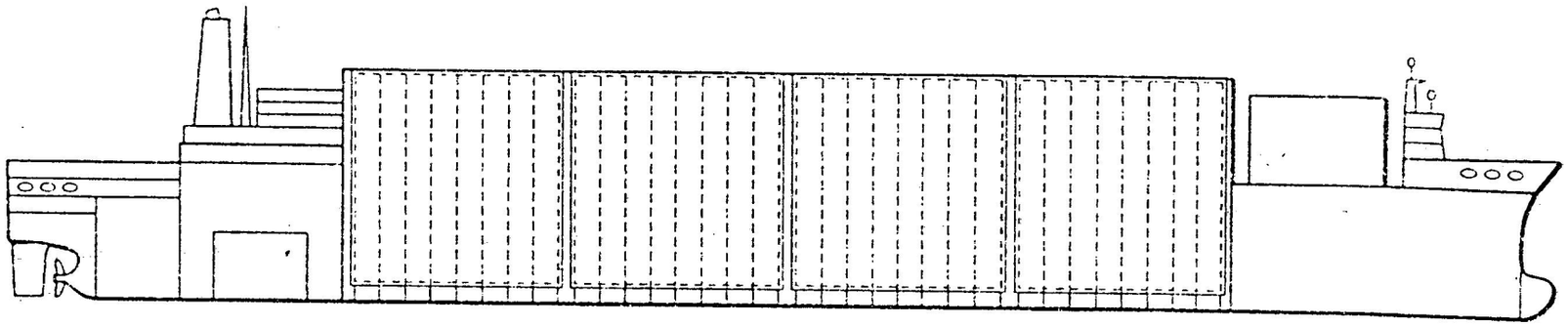


FIG. 1A

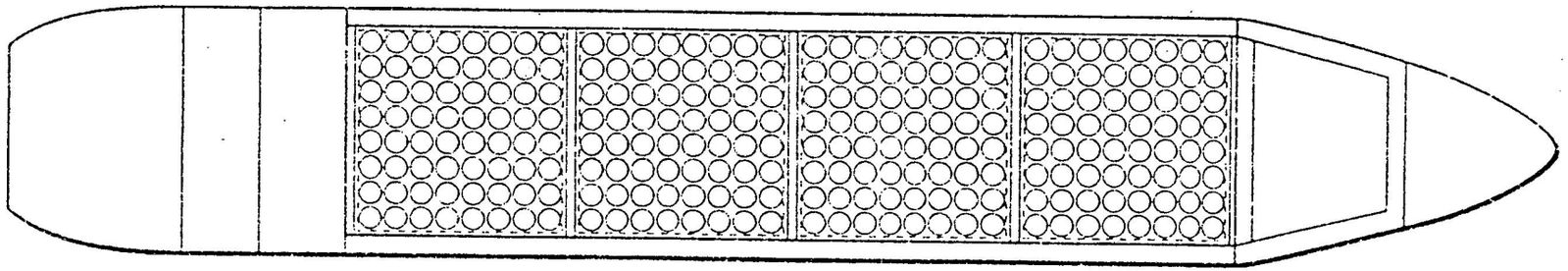
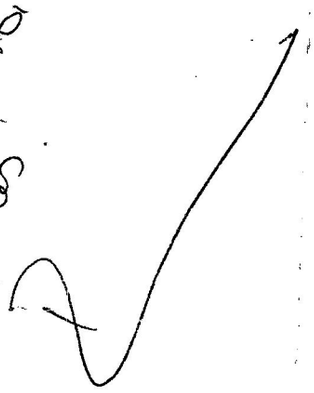


FIG. 1B

Retirados folios 47, 48 y 49 extracto para publicación y tarjetas



Se retiró folio 47 correspondiente al extracto para publicación

REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

EL SUSCRITO JEFE DEL AREA DE LEGALIZACIONES DEL MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA
SANTAFE DE BOGOTA 25 AGO. 1999
PABLO MENDEZ SARAJAS

CERTIFICA

Que revisados los registros que se llevan el al oficina de Legalizaciones aparece la firma del señor **EDUARDO CALADO NOGUERA,** como traductor e intérprete oficial para los idiomas INGLES- ESPAÑOL, ESPAÑOL- INGLES, según resolución 541 del 27 de febrero de 1976.

La anterior certificación se expide a solicitud del interesado quien se identificó con cédula de ciudadanía 17.177.588 expedida en Bogotá.

Dada en Santa Fe de Bogotá, D.C., a los seis (6) de noviembre de 1997.

BLANCA ACOSTA DE GARCIA
Jefe Area de Legalizaciones (e)

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO
SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA
SANTAFE DE BOGOTA 26 NOV. 1997
PABLO MENDEZ SARAJAS

51

República de Colombia

Ministerio de Justicia y del Derecho

EL SECRETARIO GENERAL (E) DEL MINISTERIO DE JUSTICIA Y DEL DERECHO

CERTIFICA:

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 25 AGO. 1999
PABLO MENDEZ BARAJAS

Que por Resolución 541 del 27 de febrero de 1976, le fue expedida licencia para ejercer funciones de Traductor e Intérprete Oficial en los idiomas **INGLES** y **ESPAÑOL** al señor **EDUARDO CALADO NOGUERA,** identificado con la cédula de ciudadanía No. 17.177.588 expedida en Bogotá.

Que dicha Resolución se encuentra vigente en la fecha.

Se expide la presente certificación a solicitud del interesado.

Dada en Santa Fe de Bogotá, D.C., a 14 OCT. 1997

ALVARO NAMEN VARGAS

ICM/mmc

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 26 NOV. 1997
COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 12 MAR. 2000
PABLO MENDEZ BARAJAS

Hago constar que esta copia coincide con documento original presentado para
04 NOV. 1997
Santafé de Bogotá D.C. - Colombia
SERGIO PACHECO LEON

52
49

Marzo 8, 2000
Traducción Oficial No.0223
REF: EXXON MOBIL UPSTREAM RESEARCH CO
Patente No 60/127,203

Exxon Mobil Upstream Research Co
Caso-99.008

DEPARTAMENTO DE COMERCIO DE LOS ESTADOS UNIDOS

OFICINA DE MARCAS Y PATENTES

Febrero 4, 2000

Por medio del presente documento se certifica que adjunta se encuentra una fiel copia de los registros de la Oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos, correspondientes a los documentos para la solicitud tal como se presentaron, con el fin de asignarle una fecha de registro bajo la norma del código 35 USC 111.

Número de Solicitud: 60/127,203
Fecha de Registro:March 31,1999

Autorizado por:

COMISIONADO DE MARCAS Y PATENTES
Firma: P. SWAIN
Funcionario Encargado de Certificaciones
Hay sello de la Oficina de Marcas y Patentes de color dorado.

53
50

HOJA DE SOLICITUD PROVISIONAL (Grande Empresa)

Esta es una petición para registrar una SOLICITUD PROVISIONAL bajo el código 37 CFR 1.53(c)
Número de Caso:99.008

INVENTORE (S) / SOLICITANTE (S)

Nombre: James R.

Apellidos: Rigby

Residencia:Kingwood, Texas

Nombre:Brandon T.

Apellidos: Stone

Residencia: Houston, Texas

____ Se adjunta una segunda hoja con los nombres de Inventores adicionales

TITULO DE LA INVENCION (280 Caractéres máximo)

METODO PARA CARGAR GAS LIQUIDO PRESURIZADO NATURAL EN RECIPIENTES

Eduardo Calado

54
51

DIRECCION PARA LA CORRESPONDENCIA

[x] FIRMA O NOMBRE INDIVIDUAL

SR. SALVATORE J. CASAMASSIMA; MR GARY D. LAWSON

DIRECCION: EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY

DIRECCION : PO BOX 2189

CIUDAD : HOUSTON ESTADO: TEXAS CODiGO DE ZONA POSTAL 77252-2189

PAIS: ESTADOS UNIDOS

TELEFONO: 713-431-4846

FAX: 713-431-4664

PARTES DE LA SOLICITUD INCLUIDAS

(Cerciorarse de que todas apliquen)

[x]	ESPECIFICACIONES	[29]	Número de Páginas
[x]	GRAFICA (S)	[4]	Hojas de Graficas

[ ] Otros (especificar)

FORMA DE DE PAGO DE HONORARIOS PARA LA SOLICITUD PROVISIONAL DE ESTA PATENTE

[ ] Se anexa un cheque o giro postal

[x] El comisionado por la presente se encuentra autorizado a cobrar honorarios de registro y crédito al número de Cuenta Bancaria

05-1328

55
52

Honorarios provisionales de registro = $150.000

La invencion fué realizada por una agencia del Gobierno de los Estados Unidos o bajo contrato con una agencia del Gobierno de los Estados Unidos.

[X] No

[ ] Si, el nombre de la Agencia del Gobierno de los Estados Unidos y número de contrato son los siguientes:

Presentado atentamente,

FIRMA:Garry D. Dawson

No de Registro: 27,696

Telefono: (713)-431-4846

Fecha: Marzo 31, 1999

USAR HOJA DE SOLICITUD PROVISIONAL PARA SOLICITUD DE PATENTE

Enviar a: Box Provisional application, Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231

Numero de Envio Postal Certificado # EJ380797482US

56
53

REIVINDICACIONES:

1. Un método para cargar el gas líquido presurizado en una pluralidad de recipientes que contienen vapor presurizado, en el cual los recipientes se cargan sucesivamente; el cual consta de los siquientes pasos:

(a) introducir el gas líquido a recipientes, y al mismo tiempo evacuar el vapor de los mismos;

(b) pasar el vapor evacuado de por lo menos uno de los recipientes a un primer tanque de deposito auxiliar de un primer y un segundo tanque, retirando los vapores de por lo menos uno de los tanques y pasando el vapor que se ha retirado a un medio de utilización de vapores; y

(c) Regular el flujo de líquido desde y hacia un primer y segundo tanque para asegurar que el porcentaje total de flujo se mantenga a un flujo relativamente constante.

2. El método de acuerdo a la reivindicación 1 en el cual los medios de utilización del gas es una planta de licuefacción, la cual licúa una corriente de alimentación de gas.

3. El método de acuerdo a la reivindicación 2 en el cual el porcentaje de flujo de vapor a la planta de licuefacción de gas es de un porcentaje relativamente constante tal como el porcentaje de la corriente de alimentación a la planta de licuefacción.

4. El método de acuerdo a la reivindicación 1 en la cual los medios de utilización de vapor consisten de un equipo consumidor de combustible.

5. El método de acuerdo a la reivindicación 1 el cual a continuación consta anteriormente del paso (a) de un paso adicional de vapor presurizado en por lo menos uno de los recipientes para solidificar la presión del gas líquido que debe introducirse en el mismo.

6. El método de acuerdo a la reivindicación 2 que a continuación el cual consta anteriormente del paso (a) de un paso adicional para enfriar el vapor presurizado en por lo menos uno de los recipientes

para solidificar la temperatura del gas líquido que debe introducirse en el mismo.

7. El método de acuerdo a la reivindicación 1 el cual consiste a continuación, en introducir de manera simultánea el gas líquido dentro del primer recipiente de la pluralidad de recipientes, el paso adicional que consiste en pasar una fracción del vapor descargado del primer recipiente a un segundo recipiente para rellenarlo con el gas líquido.

8. El método de acuerdo a la reivindicación 1 en el cual la capacidad volumétrica de cada tanquees substancialmente la misma que la capacidad volumétrica de la pluralidad de recipientes.

9. El método de acuerdo a la reivindicación 1 el cual a continuación consta del vapor descargado de un primer recipiente a una pluralidad de recipientes mediante el paso del vapor descargado hacia el compresor, separando dicho vapor presurizado en una primera corriente de vapor a una segunda corriente de vapor, pasando la primer corriente de vapor al medio de utilización de vapor, calentando la segunda corriente de vapor y pasando la segunda corriente de vapor recalentada a un segundo recipiente de la

Eduardo Calvo

pluralidad de recipientes para incrementar la presión de vapor en un segundo recipiente.

10. El método de acuerdo a la reivindicación 9 en el cual la presión del segundo recipiente se incrementa su presión substancialmente a la misma presión de aquella presión del punto de ebullición del gas líquido.

11. El método de acuerdo a la reivindicación 9 en la cual la presión del segundo recipiente se incrementa substancialmente a la misma presión del punto de ebullición del gas líquido además la presión de la cabeza estática del segundo recipiente cuando este se llena con el gas líquido.

12. El método de acuerdo a la reivindicación 1 en la cual el gas líquido se introduce dentro del primer recipiente el cual es obtenido en parte al retirar el gas líquido del segundo tanque.

13. El método de acuerdo a la reivindicación 12 en el cual durante la remoción del gas líquido del segundo tanque, se retira un vapor rico en metano del primer tanque de almacenamiento, comprimiendo el vapor rico en metano que se ha separado y

separando el vapor rico en metano de una primera corriente y segunda corriente de vapor, calentando la primer corriente de vapor y retornandola al primer tanque de almacenamiento, pasando la segunda corriente de vapor a un segundo tanque de almacenamiento.

14. El método de acuerdo a la reivindicación 1 el cual a continuación consta de los pasos que consisten en pasar el vapor descargado del último recipiente el cual se encuentra lleno con el gas líquido presurizado a un compresor para presurizar el vapor descargado, pasando una primera fracción del vapor presurizado a un medio de utilización de vapor y calentando la segunda fracción del vapor presurizado pasando una segunda fracción a un segundo tanque.

15. El método de acuerdo a la reivindicación 1, el cual a continuación consiste del paso que consta de regular la presión de vapor desplazado desde el primer recipiente en tal medida que la presión del gas líquido en el fondo del recipiente queda esencialmente constante durante la carga del gas líquido al primer recipiente.

16. El método de acuerdo a la reivindicación 1 en el cual el vapor de los recipientes anteriormente a que sean cargados con el gas líquido producido durante un proceso de evacuar los recipientes con el gas líquido.

17. El método de acuerdo a la reivindicación 1 en el cual la temperatura del vapor descargado es superior de -112 grados centígrados.

18. El método de acuerdo a la reivindicación 1 en la cual el gas natural presurizado líquido tiene una temperatura superior de -112 grados centígrados y una presión que se encuentra esencialmente en el punto de presión de ebullición.

19. El método de acuerdo a la reivindicación 1 el cual a continuación consiste que anteriormente del paso (a) el paso adicional de introducir el vapor recalentado en un primer recipiente y mantener la temperatura de vapor a una temperatura en el recipiente a o superior del tiempo de temperatura predeterminado.

20. El método de acuerdo a la reivindicación 1 en el cual la presión del vapor del primer recipiente o grupo de recipientes al

inicio del método de carga es substancialmente la misma que la presión en el punto de ebullición de gas líquido además de una cabeza hidrostática del recipiente lleno de gas líquido.

21. El método de acuerdo a la reivindicación 1 el cual a continuación consiste en regular la presión del vapor introducido en un segundo tanque para mantener la presión del gas líquido en el fondo del tanque constante durante la remoción del gas líquido del mismo.

22. El método de acuerdo a la reivindicación 1 en el cual la pluralidad de recipientes que se descargan del gas líquido se encuentran a bordo de un barco y los tanques de almacenamiento se encuentran ubicados fuera del barco.

23. El método de acuerdo a la reivindicación 1 el cual a continuación consiste en regular la presión del vapor del segundo recipiente para mantener la presión del gas líquido en el fondo del segundo recipiente constante durante la carga del gas en el mismo.

24. Un método para cargar el gas liquido presurizado en una pluralidad de recipientes que contienen vapor presurizado en el cual

los recipientes se cargan de manera sucesiva y consiste de los siguientes pasos:

(a) introducir un gas líquido en un primer recipiente, descargando el vapor de los mismos;

(b) Presurizar el vapor descargado de un primer recipiente al pasar el vapor descargado a un compresor, separando dicho vapor presurizado en una primera corriente de vapor y una segunda corriente de vapor, pasando la primera corriente de vapor a un medio de utilización de vapor, calentando la segunda corriente de vapor y pasar una segunda corriente de vapor a un segundo recipiente de la pluralidad de recipientes para incrementar la presión de vapor a un segundo recipiente.

(c) pasar el vapor evacuado de por lo menos uno de los recipientes a un primer tanque de deposito auxiliar que consta de un primer tanque y un segundo tanque, retirando los vapores de por lo menos uno de los tanques y pasando el vapor que se ha retirado a un medio de utilización de vapores;

Eduardo Calvo
Eduardo Calvo
TRADUCTOR
INGLES-ESPAÑOL

(d) Regular el flujo de líquido desde y hacia un primer y segundo tanque para separar que el porcentaje de flujo total de vapor a un medio de utilización de vapor, en el cual al iniciar el método de carga de los recipientes con el gas líquido, el primer tanque se llena con una presión de vapor relativamente alta y el segundo tanque contienen gas líquido presurizado, dicho fluido que contiene una regulación de flujo el cual consiste de los siguientes pasos:

(i) retirar el gas líquido presurizado del segundo tanque y pasar el gas liquido presurizado a por lo menos uno de los recipientes y de manera simultánea retirar el vapor del primer tanque, presurizando el vapor retirado y pasándolo a la primera fracción del vapor presurizado a un segundo tanque y calentar la segunda fracción en el primer tanque , al final de este paso el segundo tanque se evacua substancialmente del gas líquido presurizado el cual contiene una presión de vapor relativamente alta y el primer tanque contiene una baja presión de vapor;

(ii) retirar el vapor del segundo tanque, presurizando el vapor y pasando una fracción del vapor presurizado al medio de

utilización de vapor y calentando una segunda fracción del vapor presurizado y pasar el vapor recalentado a un segundo tanque, al finalizar este paso el primero y segundo tanque contienen un vapor a una presión relativamente baja;

(iii) pasar el vapor descargado del último recipiente que ha sido llenado con el gas líquido presurizado a un compresor para presurizar el vapor, pasar la primera fracción del vapor presurizado al medio de utilización de vapor y calentar una segunda fracción del vapor recalentado presurizado a un segundo tanque y al finalizar este paso, el primer tanque que contiene vapor a una presión relativamente baja y el segundo tanque que contiene una presión de vapor relativamente alta; y

(iv) introducir el gas líquido presurizado a un segundo tanque y descargar el vapor del mismo, presurizar el vapor descargado de este paso y dividir el vapor en una primera fracción y una segunda fracción, calentando la primera fracción de vapor y pasar la primera fracción recalentada al primer tanque y pasar la segunda fracción del gas al medio de utilización, y al finalizar este paso, el primer tanque contiene

un vapor a una presión relativamente alta y el segundo tanque contiene el gas líquido presurizado.

25. Un método para cargar el gas líquido presurizado a una pluralidad de recipientes que se encuentran llenos con el vapor rico en metano, en el cual los recipientes se cargan de manera sucesiva, y consiste de los siguientes pasos:

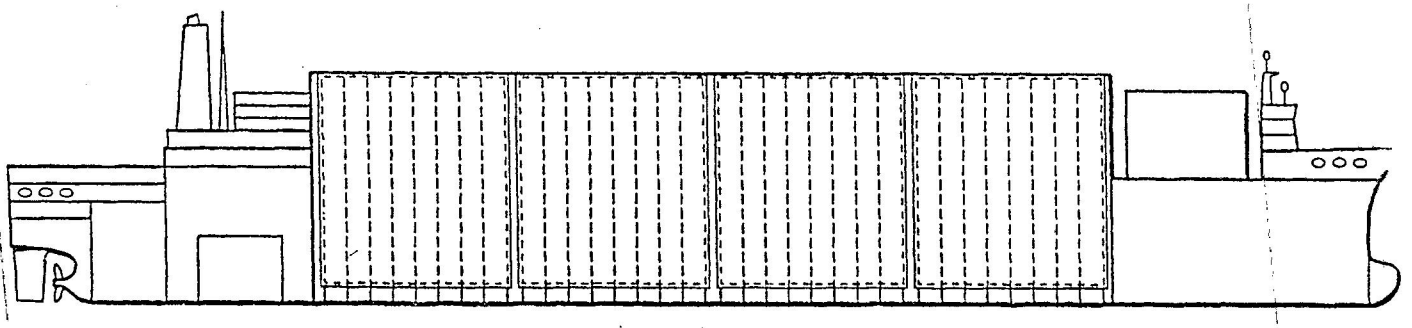
(a) introducir el gas líquido en los recipientes, y descargar el vapor de los mismos;

(b) Pasar de una fracción del vapor descargado a un tanque auxiliar de almacenamiento el cual consiste de un primer tanque y un segundo tanque, y pasar por lo menos una porción de la segunda fracción de vapor a por lo menos uno de los tanques auxiliares a un medio de utilización de vapor; y

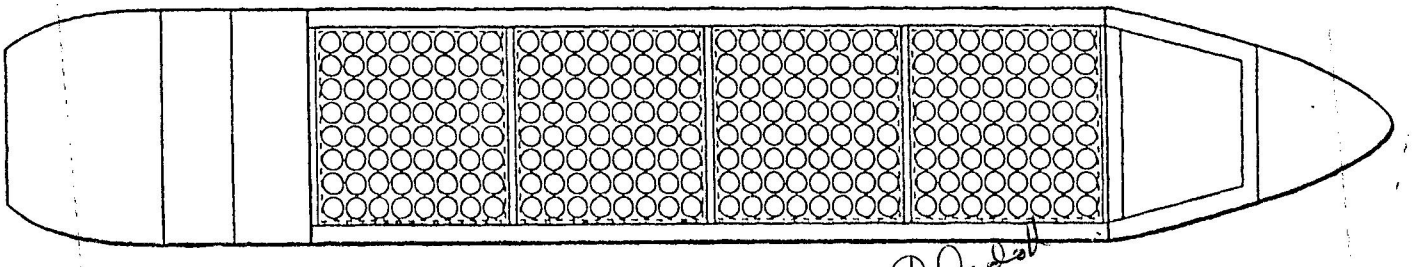
(d) controlar la cantidad de la primera fracción de vapor que se ha pasado al medio de utilización de vapor a una cantidad de una

segunda fracción de vapor pasada al medio de utilización de vapor para asegurar que el porcentaje de flujo total del vapor al medio de utilización de vapor se mantenga a un porcentaje de flujo constante.

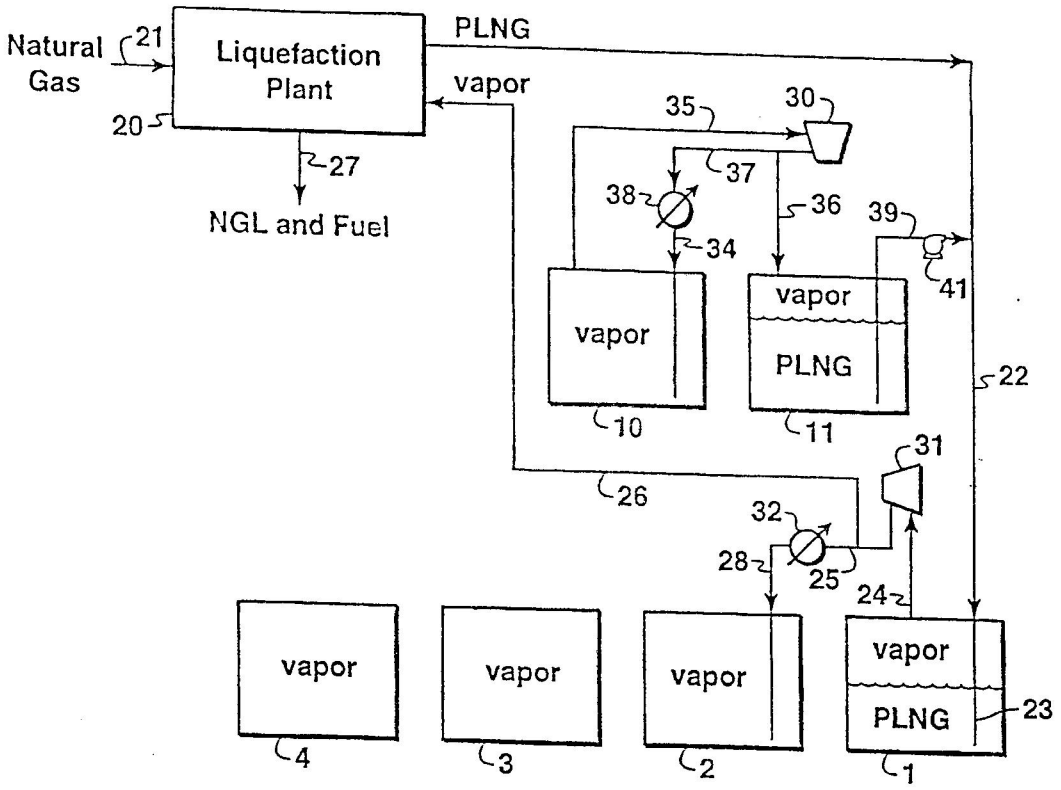
GRAFICA 1A



GRAFICA 1B



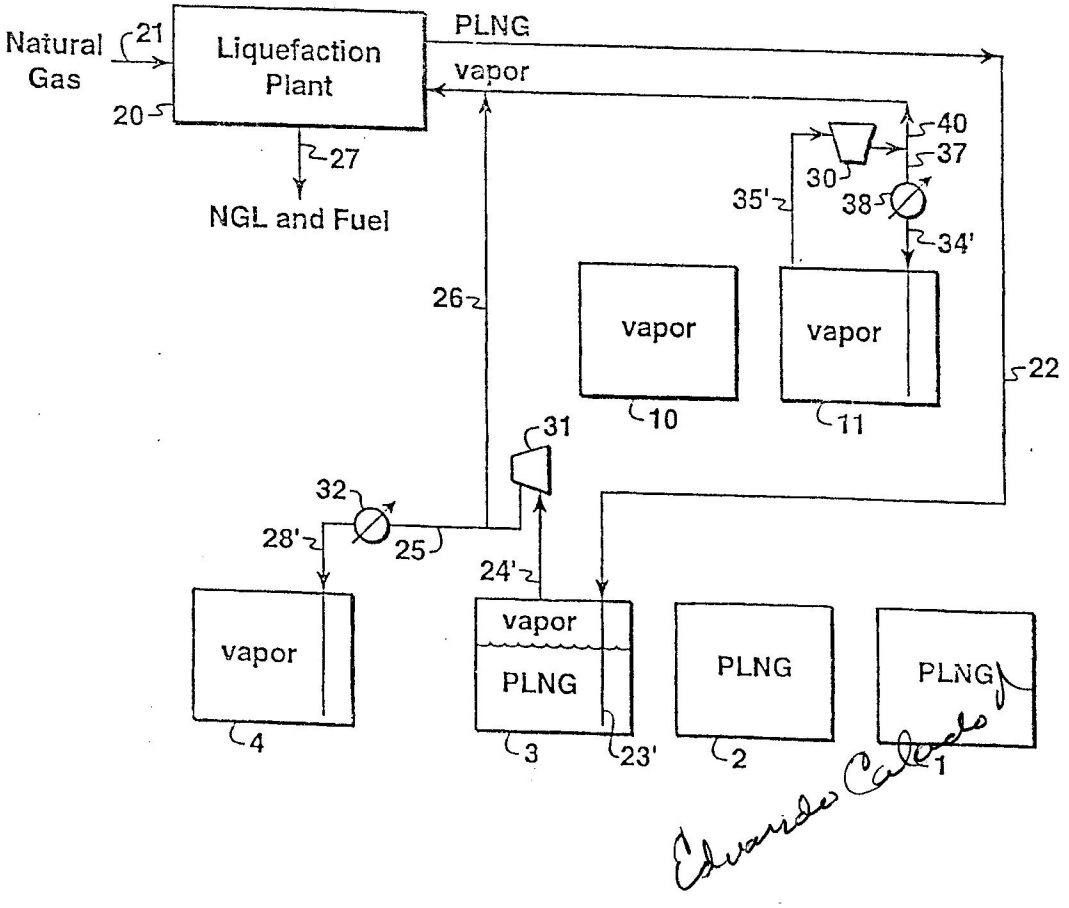
Eduardo Caladat



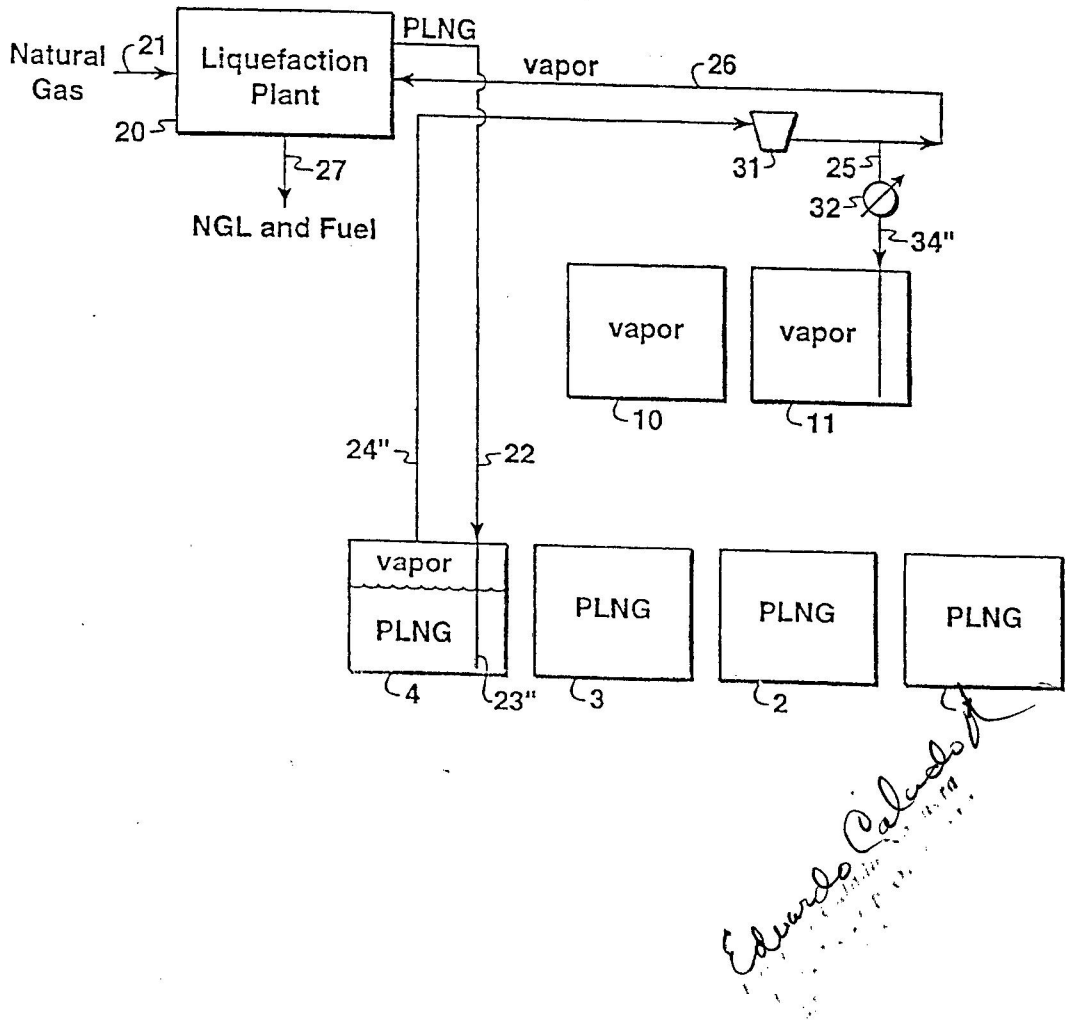
Eduardo Calados

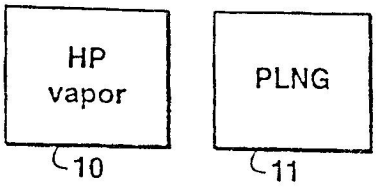
GRAFICA 2

GRAFICA 3

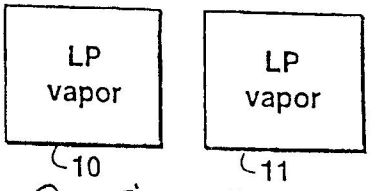

Natural Gas
21
Liquefaction Plant
20
PLNG
vapor
27
NGL and Fuel
40
37
30
35'
38
34'
26
vapor
10
vapor
11
22
31
32
28'
25
24'
vapor
PLNG
3
23'
PLNG
2
PLNG
1
vapor
4

GRAFICA 4

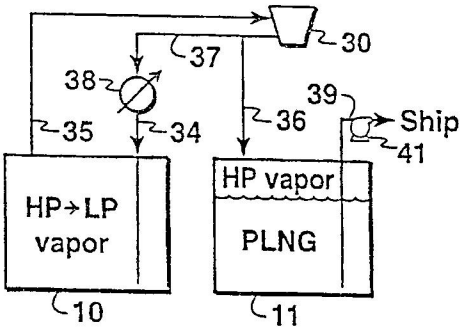

Natural Gas
21
Liquefaction Plant
PLNG
vapor
26
20
27
NGL and Fuel
31
25
32
34"
vapor
vapor
10
11
24"
22
vapor
PLNG
PLNG
PLNG
PLNG
4
23"
3
2



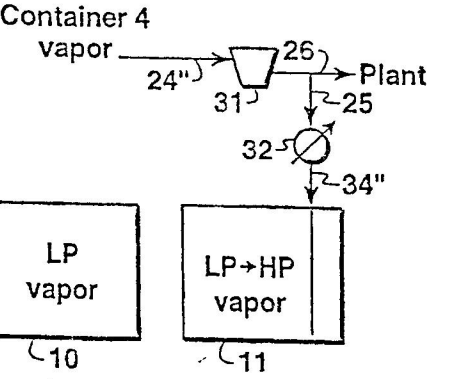
GRAFICA 5A



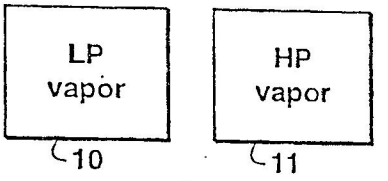
GRAFICA 5E



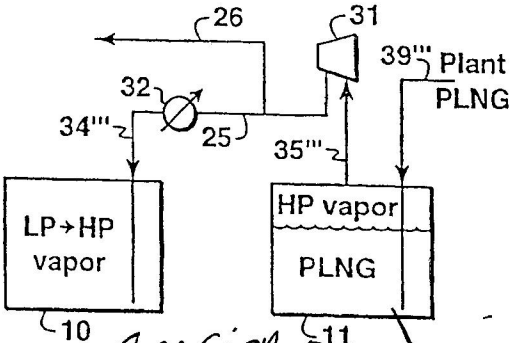
GRAFICA 5B



GRAFICA 5F

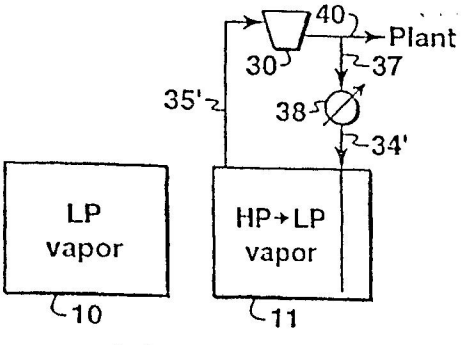


GRAFICA 5C



GRAFICA 5G

Eduardo Calvillo



GRAFICA 5D

PA 203193

THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME:

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

United States Patent and Trademark Office

February 04, 2000

THIS IS TO CERTIFY THAT ANNEXED HERETO IS A TRUE COPY FROM THE RECORDS OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE OF THOSE PAPERS OF THE BELOW IDENTIFIED PATENT APPLICATION THAT MET THE REQUIREMENTS TO BE GRANTED A FILING DATE UNDER 35 USC 111.

APPLICATION NUMBER: *60/127,203*
FILING DATE: *March 31, 1999*

By Authority of the
COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS

P. SWAIN
Certifying Officer

A/PROV

74
71

Please type a plus sign (+) inside this box → [+]

Docket Number:	99.008

PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT COVER SHEET (Large Entity)

This is a request for filing a PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT under 37 CFR 1.53 (c).

INVENTOR(S)/APPLICANT(S)		
Given Name (first and middle [if any])	Family Name or Surname	Residence (City and either State or Foreign Country)
James R. Brandon T.	Rigby Stone	Kingwood, Texas Houston, Texas

☐ *Additional inventors are being named on page 2 attached hereto*

TITLE OF THE INVENTION (280 characters max)

METHOD FOR LOADING PRESSURIZED LIQUEFIED NATURAL GAS INTO CONTAINERS

CORRESPONDENCE ADDRESS

Direct all correspondence to:

☐ Customer Number [ ] → *Place Customer Number Bar Code Label here*

OR

☒ Firm or Individual Name	Salvatore J. Casamassima; Gary D. Lawson				
Address	Exxon Production Research Company				
Address	P. O. Box 2189				
City	Houston	State	Texas	ZIP	77252-2189
Country	USA	Telephone	713-431-4846	Fax	713-431-4664

ENCLOSED APPLICATION PARTS *(check all that apply)*

☒ Specification — *Number of Pages* 29

☒ Drawing(s) — *Number of Sheets* 4

☐ Other (specify) [ ]

METHOD OF PAYMENT OF FILING FEES FOR THIS PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT *(check one)*

☐ A check or money order is enclosed to cover the filing fees

☒ The Commissioner is hereby authorized to charge filing fees or credit any overpayment to Deposit Account Number: 05-1328

FILING FEE AMOUNT: $150.00

The invention was made by an agency of the United States Government or under a contract with an agency of the United States Government.

☒ No

☐ Yes, the name of the U.S. Government agency and the Government contract number are: _____

Respectfully submitted,

SIGNATURE Gary D. Lawson DATE March 31, 1999

TYPED or PRINTED NAME Gary D. Lawson REGISTRATION NO. *(if appropriate)* 27,696

TELEPHONE 713-431-4846

USE ONLY FOR FILING A PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT

SEND TO: Box Provisional Application, Assistant Commissioner for Patents, Washington, DC 20231

Express Mail Label No. EJ380797482US

P19LARGE/REV04

PROVISIONAL APPLICATION under 37 C.F.R. 1.53 (c)

METHOD FOR LOADING PRESSURIZED LIQUEFIED NATURAL GAS INTO CONTAINERS

FIELD OF THE INVENTION

This invention relates to the handling of pressurized liquefied natural gas and, more particularly, to a method for loading pressurized liquefied natural gas into containers that are filled with methane-rich vapor.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Because of its clean burning qualities and convenience, natural gas has become widely used in recent years. Many sources of natural gas are located in remote areas, great distances from any commercial markets for the gas. Sometimes a pipeline is available for transporting produced natural gas to a commercial market. When pipeline transportation is not feasible, produced natural gas is often processed into liquefied natural gas (which is called "LNG") for transport to market.

It has been recently proposed to transport natural gas at temperatures above –112°C (–170°F) and at pressures sufficient for the liquid to be at or below its bubble point temperature. For most natural gas compositions, the pressure of the natural gas at temperatures above –112°C will be between about 1,380 kPa (200 psia) and about 4,480 kPa (650 psia). This pressurized liquid natural gas is referred to as PLNG to distinguish it from LNG, which is transported at near atmospheric pressure and at a temperature of about –162°C (–260°F).

In co-pending United States provisional patent application 60/112892, a process is disclosed for unloading PLNG from ship containers by pressuring out the PLNG with gas, leaving the tanks PLNG-empty but full of pressurized, methane-rich gas. At the end of the PLNG unloading method, all but the last container or group of containers are at low pressure, preferably between about 690 kPa (100 psia) and 1,380 kPa (200 psia), while the last container is at slightly above PLNG's bubble point pressure. Having the lower pressure vapor in the containers for the return trip or

voyage substantially reduces the mass of methane left in the containers compared to having high-pressure gas contained therein. Depending upon the pressure, temperature, and composition of the PLNG, high pressure vapor in all the containers could constitute from about 10 to 20 percent of the mass of the cargo in the containers before PLNG removal.

During PLNG loading, the methane-rich vapor in the containers is displaced by the entering liquid. It is desirable to liquefy at least part of the methane-rich vapor displaced from containers during PLNG loading. The vapor liquefaction is preferably integrated with the liquefaction process used to manufacture the PLNG being loaded into the containers. During the loading of a multiplicity of gas-filled containers, the flow rate of vapor leaving the containers can vary substantially between the beginning and end of the loading method. To maintain operational stability of the liquefaction plant, it is desirable that the vapor return flow rate be a relatively constant percentage of the plant feed rate. A need exists for a PLNG loading method that provides this type of vapor return flow rate.

SUMMARY

A method is disclosed for loading PLNG into a plurality of containers filled with pressurized vapor. The containers or groups of containers are loaded in succession and the PLNG introduced in a container discharges vapor therefrom. A fraction of the discharged vapor from at least one of the containers is passed into auxiliary storage tanks comprising a first tank and a second tank. Vapor is withdrawn from at least one of the tanks and passed to a vapor utilization means, preferably a liquefaction plant to liquefy the vapor or an engine or turbine that uses the vapor as fuel. The flow of PLNG and vapor to and from the first and second tanks are regulated to assure that the total flow rate of vapor to the vapor utilization means remains at a generally constant flow rate.

In a preferred embodiment of this invention, two auxiliary storage tanks, a first tank and a second tank, are used to buffer the flow rate of pressurized vapor discharged from a plurality of containers that are filled with PLNG in succession. PLNG is introduced into a first container or group of containers and vapor is

discharged therefrom. A first fraction of the discharged vapor is passed to a suitable gas utilization means, such as a vapor liquefaction plant or an engine or turbine that uses the vapor as fuel, and a second fraction is passed to another container to be filled with PLNG. Vapor discharged from the last container being filled with PLNG is passed to one of the auxiliary storage tanks and the vapor from the auxiliary storage tanks is then passed to any suitable vapor utilization means. Fluid flow (vapor and PLNG) to and from the storage tanks is regulated to buffer the flow rate of vapor to the vapor utilization means. At the beginning of the PLNG-loading method, the first tank is filled with relatively high-pressure vapor and the second tank contains pressurized liquefied gas. During filling of the first container or first group of containers, PLNG is withdrawn from the second tank and passed to the first container or first group of containers and simultaneously vapor is withdrawn from the first tank, pressurized, and a first fraction of the pressurized vapor is passed to the second tank and a second fraction of the pressurized vapor is heated and returned to the first tank. When the second tank is emptied of PLNG, the second tank contains relatively high-pressure vapor and the first tank contains relatively low-pressure vapor. Vapor from the second tank is then withdrawn, pressurized, and a fraction of the pressurized vapor is passed to a vapor utilization means and a second fraction of the pressurized vapor is heated and returned to the second tank. At the end of the foregoing step, the first and second tanks both contain vapor at a relatively low pressure. During PLNG filling of the last container or last group of containers, vapor discharged from the last container or group is passed to a compressor for pressurization, and a first fraction of the pressurized vapor is passed to the vapor utilization means and a second fraction of the pressurized vapor is heated and passed to the second tank. When the last container is filled with PLNG, the first tank contains vapor at a relatively low pressure and the second tank contains vapor at a relatively high pressure. The second tank is then ready to be replenished with PLNG. PLNG is then introduced into the second tank and vapor discharged therefrom is pressurized. The pressurized vapor is split into a first fraction and a second fraction. The first vapor fraction is heated and passed to the first tank and the second fraction is passed to the gas utilization means. At the end of this step, the first tank contains vapor at relative high-pressure vapor and the

second tank contains PLNG. The storage tanks are now ready for PLNG-loading another set of containers.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The present invention and its advantages will be better understood by referring to the following detailed description and the attached drawings.

Figs. 1A and 1B show a ship suitable for transporting PLNG in side view and plan view, both views in partial sections, illustrating a multiplicity of containers to be filled with PLNG in accordance with the method of this invention.

Fig. 2 is a schematic flow diagram for loading PLNG into a first container or group of containers in a series, such as containers on a ship as shown in Figs. 1A and 1B.

Fig. 3 is a schematic flow diagram, similar to Fig. 2, for loading PLNG into another container in the series of containers.

Fig. 4 is a schematic flow diagram, similar to Fig. 2, for loading PLNG into the last container of the series of containers.

Figs. 5A, 5B, 5C, 5D, 5E, 5F, and 5G illustrate auxiliary storage tanks at different stages of loading PLNG into a series of containers in accordance with the method of this invention.

The drawings illustrate a specific embodiment of practicing the method of this invention. The drawings are not intended to exclude from the scope of the invention other embodiments that are the result of normal and expected modifications of the specific embodiment. Various required subsystems such as pumps, valves, flow stream mixers, control systems, and fluid level sensors have been deleted from the drawings for the purposes of simplicity and clarity of presentation.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

This invention provides a method for loading pressurized liquefied natural gas (referred to herein as "PLNG") into a series of containers, such as containers on a ship or storage barge, where at least some of the containers are filled with pressurized

methane-rich vapor. The term "container" is used in this description to mean any pressurizable receptacle such as a flask, bottle, cylinder, tank, or the like, that is suitable for transporting PLNG. The piping between the containers can be so arranged that the containers can be loaded with PLNG one container at a time in succession or loaded in groups, and any container in a series or any group can be loaded or filled in any sequence. In this description, references to serially loading the containers should also be understood as including the option of loading groups of containers in succession. The optimum sequence for filling containers or groups of containers on a floating carrier should take into account the trim and stability of the carrier, which can be determined by those skilled in the art. The auxiliary storage tanks described herein comprise one or more storage containers that may be the same size or different sizes than the containers on the ship or other transportation or storage means.

In this description, it is assumed that all of the containers at the beginning of the PLNG loading method are filled with residual methane-rich vapor resulting from a PLNG unloading operation. During PLNG-filling of a given container, a fraction of the vapor displaced from the given container by the PLNG is used to pressurize vapor in another container to be filled with PLNG, except when filling the last container in the series. When filling the last container with PLNG, vapor from the last container can not be introduced into another container since the other containers on the ship are already filled with PLNG. It is desirable to reliquefy at least part of the vapor removed from the ship, preferably in the same liquefaction plant used to manufacture the PLNG.

It is further desirable that the flow rate of return vapor to the liquefaction plant be a relatively constant percentage of the plant inlet rate. This is desirable to keep the specifications of the PLNG constant and to maintain plant operations at or near steady state conditions. Without auxiliary storage the plant could see a spike of between 10 and 20% of its inlet stream flow rate when the last container is filled. The implications of this spike could require lowering the inlet stream flow rate to the plant, or overdesigning the plant to handle this relatively short duration spike (about 10% of the time). The spike of the methane-rich return vapor stream could also

change the product PLNG composition and properties. The inventors have discovered a novel PLNG loading system that uses auxiliary storage tanks to maintain a relatively constant flow rate of the methane-rich return vapor to a liquefaction plant or other suitable vapor utilization means.

The invention will be described with reference to the drawings, wherein flow lines, containers, and tanks, compressors and other equipment with like numerals have the same process functions. Those skilled in the art will recognize, however, that the flow line sizes and flow rates may vary in size and capacity to handle different fluid flow rates and temperatures from one container to another.

In a preferred embodiment of this invention, PLNG is loaded into containers onboard a ship, generally shown in Figs. 1A and 1B. Fig. 1A shows a side view of a suitable ship having a multiplicity of vertically elongated containers or bottles for transporting PLNG. Fig. 1B shows a plan view of the same ship with a section of the deck removed to show the containers, which appear as round circles. It should be understood, however, that the practice of this invention is not limited to a particular design of a container to be unloaded. Nor is the practice of this invention limited to containers on ships, barges, or other water transporting vessels. Any suitable container for storage of PLNG may be used in the PLNG loading method of this invention, whether on a ship or an onshore facility. While Figs. 1A and 1B show a plurality of vertically elongated containers on a ship, the containers could also be horizontal, and the containers could have some other suitable shape such as spherical.

The containers are connected to a piping system for selectively loading, venting, and discharging container fluids. The piping used to load the containers and to pass vapor from one container to another could be modified from that schematically illustrated in the drawings in accordance with the teachings of this invention depending on the placement of the containers and applicable regulations of regulatory bodies. Currently, regulatory agencies in some jurisdictions require that containers on ships have only top connections. For that reason, in this description of the invention all of the PLNG loading and vapor handling is through the top of the containers.

The elongated containers shown in Figs. 1A and 1B are shown mounted within the ship's hold. The containers can be contained in a cold box that has suitable insulation for keeping the PLNG at cryogenic temperatures. Alternatively, each container can be individually insulated. Each container will typically range from about 15 to 60 meters in height and range from about 3 to 10 meters in outside diameter; however, the container size is not a limiting factor in this invention. The containers can be fabricated of any suitable material capable of enduring exposure and stress at cryogenic temperatures at the pressures required to keep PLNG at or below its bubble point temperature.

The term "bubble point" as used in this description means the temperature and pressure at which a liquid begins to convert to gas. For example, if a certain volume of PLNG is held at constant pressure, but its temperature is increased, the temperature at which bubbles of gas begin to form in the PLNG is the bubble point. Similarly, if a certain volume of PLNG is held at constant temperature but the pressure is reduced, the pressure at which gas begins to form defines the bubble point pressure at that temperature. At the bubble point, the liquefied gas is saturated liquid. For most natural gas compositions, the bubble point pressure of the natural gas at temperatures above –112°C will be between about 1,380 kPa (200 psia) and about 4,480 kPa (650 psia).

The term natural gas as used in this description means a gaseous feed stock suitable for manufacturing PLNG. The natural gas could comprise gas obtained from a crude oil well (associated gas) or from a gas well (non-associated gas). The composition of natural gas can vary significantly. As used herein, a natural gas stream contains methane (C_1) as a major component. The natural gas will typically also contain ethane (C_2), higher hydrocarbons (C_{3+}), and minor amounts of contaminants such as water, carbon dioxide, hydrogen sulfide, nitrogen, dirt, iron sulfide, wax, and crude oil. The solubilities of these contaminants vary with temperature, pressure, and composition. If the natural gas stream contains heavy hydrocarbons that could freeze out during liquefaction or if the heavy hydrocarbons are not desired in PLNG because of compositional specifications or their value as condensate, the heavy hydrocarbon are typically removed by a fractionation process

prior to liquefaction of the natural gas. At the operating pressures and temperatures of PLNG, moderate amounts of nitrogen in the natural gas can be tolerated since the nitrogen can remain in the liquid phase with the PLNG. Since the bubble point temperature of PLNG at a given pressure decreases with increasing nitrogen content, it will normally be desirable to manufacture PLNG with a relatively low nitrogen concentration.

The minimum temperature of PLNG to be loaded in accordance with the method of this invention will be above about –112°C (–170°F). The maximum temperature of the PLNG to be loaded will depend primarily on the PLNG's composition. Natural gas, which is predominantly methane, cannot be liquefied at ambient temperature by simply increasing the pressure, as is the case with heavier hydrocarbons used for energy purposes. The critical temperature of methane is –82.5°C (–116.5°F). This means that methane can only be liquefied below that temperature regardless of the pressure applied. Since natural gas is a mixture of liquid gases, it liquefies over a range of temperatures. The critical temperature of natural gas is typically between about –85°C (–121°F) and –62 °C (–80°F). This critical temperature will be the theoretical maximum temperature of PLNG loaded into the containers, but the preferred storage temperature will preferably be several degrees below the critical temperature and at a pressure lower than the critical pressure.

A preferred embodiment of the invention will now be described with reference to Figs. 2 through 5 which illustrate schematic flow diagrams of three stages of filling a multiplicity of containers in succession with PLNG. The containers to be filled with PLNG in accordance with the method of this invention can be located onshore or on floating vessels, such as a ship shown in Figs. 1A and 1B. Figs. 2, 3, and 4 illustrate one example of fluid communication between a liquefaction plant 20, auxiliary storage tanks 10 and 11, and containers 1, 2, 3, and 4 which are to be filled with PLNG in accordance with the method of this invention. Fig. 2 illustrates loading of PLNG into container 1 and pressurizing container 2 for PLNG-loading, Fig. 3 illustrates loading container 3 with PLNG and pressurizing container 4 for PLNG-

loading, and Fig. 4 illustrates loading container 4 and handling of vapor displaced from container 4.

Referring to Fig. 2, a liquefaction plant 20 receives natural gas by line 21 and liquefies at least a portion of the gas to produce a PLNG product stream 22. The liquefaction plant 20 will also typically produce fuel and heavier hydrocarbon constituents of the natural gas, which are called natural gas liquids (NGL). NGL can include ethane, propane, butane, pentane, isopentane and higher hydrocarbons, some of which could be used as make-up refrigerants for one or more closed-cycle refrigeration systems used in the liquefaction plant 20. Examples of suitable liquefaction systems for producing PLNG are described in co-pending international patent application numbers PCT/US98/12742, PCT/US98/12743, and PCT/US98/12872. The containers to be filled with PLNG in accordance with this invention are shown as having reference numerals 1, 2, 3, and 4. While the loading method of this invention will be described herein using four containers, this invention is not limited to a particular number of containers. A ship designed for transporting PLNG could have several hundred pressurizable cylinders to be PLNG-loaded. The containers can be loaded one container at a time or the containers can be loaded in groups of several containers.

Auxiliary storage tanks 10 and 11 are used in the practice of this invention to buffer the flow rate of vapor to the liquefaction plant 20 during loading of containers 1, 2, 3, and 4. Tanks 10 and 11 can be any suitable pressurizable receptacle for storage of PLNG and methane-rich vapor at the temperatures and pressures of PLNG. The optimum volumetric capacity of tanks 10 and 11 will depend on the amount of PLNG to be loaded into the containers, the volumetric capacity of the last container or group of containers being filled, and the desired PLNG loading time for the containers. Tank 10 and tank 11 each preferably has a volumetric capacity approximately the same as the volumetric capacity of the largest container to be loaded with PLNG, and more preferably a slightly larger volumetric capacity than the largest container. Having benefit of the teachings in this description, one skilled in the art could optimize the size of tanks 10 and 11. Tanks 10 and 11 are preferably positioned inside an insulated cold box to reduce heat transfer from the tanks'

surroundings to the tanks' contents, however, the tanks may also be individually insulated. The tanks are preferably located near-shore on a barge but they can be located onshore. Although only two auxiliary storage tanks are shown in the drawings, storage tanks 10 and 11 could each comprise a multiplicity of containers piped together.

Containers 1, 2, 3, and 4 as well as tanks 10 and 11 are preferably provided with pressure relief valves, pressure and temperature sensors, fluid level indicators, pressure alarms systems and suitable insulation for cryogenic operation. These systems are omitted from the drawings since those skilled in the art are familiar with the construction and operation of such systems, which are not essential to understanding the practice of this invention.

In this description of the preferred embodiment, it is assumed that the PLNG ship arrives at a loading terminal with the containers full of residual vapor resulting from a PLNG unloading operation. It is further assumed that the container 1 was the last container emptied of PLNG in the unloading operation, and it contains vapor at approximately the same pressure as, and preferably a slightly higher pressure than, the pressure of PLNG to be loaded in container 1. It is still further assumed that the vapor pressure in the other containers (containers 2, 3, and 4 in Fig. 2) is substantially lower than the vapor pressure in container 1. However, this invention is not limited to the vapor pressure conditions that are assumed in this description. The vapor pressure could for example range from ambient pressure to a pressure slightly above the bubble point pressure of PLNG. As disclosed in co-pending U.S. provisional patent application 60/112892, when unloading PLNG from containers at an import terminal, it is desirable to leave the last container at the pressure of the departing PLNG to facilitate future loading of PLNG at the export terminal. The other containers preferably have a relatively lower vapor pressure to reduce the mass of methane-rich cargo being returned with the ship.

After the PLNG unloading operation, the containers are preferably kept at a relatively constant temperature for the return trip or voyage, preferably at substantially the same temperature as the bubble point temperature of the produced PLNG. Significant fluctuation in the temperature of the containers could

cause undesirable thermal stresses in the container materials and difficulties could arise from expansion and contraction of the containers, manifold systems, and container support systems. The vapor in the containers can be maintained at a relatively constant temperature during the ship's return voyage by any suitable means. For example, a reliquefaction system could provide refrigeration duty for cooling the residual vapor in the containers during the return voyage by extracting vapor from the containers, reliquefying it, and spraying it back into the containers. This method could also be used to maintain the header system at the operating temperature, thereby reducing preparation time for loading at the export terminal.

If the first container to be filled with PLNG (container 1 in Fig. 2) contains vapor at a temperature significantly higher than the temperature of PLNG to be loaded therein, the vapor temperature can be reduced by any suitable means before PLNG loading commences or in the loading process. The larger the temperature differences between a higher temperature vapor in a container and the PLNG temperature, the larger the amount of undesirable boil-off vapor that will be produced as the PLNG enters the container. Suitable processes for reducing a container's inside temperature would be familiar to those skilled in the art.

If container 1 is filled with vapor at a pressure significantly lower than the bubble point pressure of the PLNG as the liquid enters the bottom of container 1, to avoid the possibility of PLNG flashing during the loading operation, the vapor pressure in container 1 can be increased by any suitable means. For example, vapor from storage tank 10 could be introduced into container 1 until the vapor pressure therein is substantially the same as the PLNG's bubble point pressure, and preferably slightly higher than the bubble point pressure.

Referring to Fig. 2, once the vapor pressure and vapor temperature in container 1 are near the pressure and temperature of PLNG to be loaded therein, PLNG is passed through line 22 and through feed tube 23 that introduces the PLNG to the bottom of container 1. It is desirable to keep the pressure of the PLNG above the bubble point of the liquid during loading. Therefore, the pressure is maintained essentially constant at the bottom of the container at the bubble point pressure of the PLNG plus static head of the PLNG in container 1 when it is full of liquid. In this

manner, the pressure at the top of the container fill tube is at least the bubble point pressure of the PLNG and no vapor is formed in the flow lines during loading. As PLNG enters container 1, vapor contained therein is vented in a regulated manner through the top of container 1 into line 24. The vapor pressure can be regulated by any suitable fluid flow regulating device (not shown in the drawings) to keep the pressure of the PLNG at the bottom of the container 1 essentially constant.

One fraction of the vapor displaced from container 1 is preferably passed to the liquefaction plant 20 by line 26 (or optionally the vapor can be used in whole or part as fuel for powering turbines or engines not shown in the drawings), and another fraction of the vapor from container 1 is passed by lines 25 and 28 to container 2.

Fig. 2 shows the vapor fraction being passed to the liquefaction plant 20 after the vapor in line 24 has been further pressurized by compressor 31. Compressor 31 can be located on the ship or at the terminal onshore or it can be a compressor used in the liquefaction plant 20. Although not shown in the Fig. 2, the vapor fraction in line 26 could optionally be withdrawn from line 24 before compressor 31 further pressurizes the vapor. Sending the vapor fraction to plant 20 without first being further pressurized by compressor 31 may be desirable, for example, if such pressurization is more economically performed in the liquefaction plant 20 or if the vapor fraction can be used in the plant 20 without further pressurization. Although not shown in the drawings, the vapor fraction in line 26 may optionally be passed to a liquefaction system that is independent of liquefaction plant 20 for liquefying the vapor fraction, and the resulting liquid could then be pumped to a higher pressure and mixed with PLNG output from liquefaction plant 20.

Before the vapor fraction in line 25 enters container 2, at least part of the vapor is heated if necessary, in order to maintain the temperature of the vapor in container 2 above the minimum design temperature of the container material. From the compressor 31, the vapor fraction in line 25 is passed to heat exchanger 32 wherein the vapor fraction is heated by indirect heat exchange with any suitable heat transfer medium. Nonlimiting examples of suitable heat sources may include exhaust gases from ship engines and environmental sources such as air, salt water, and fresh water. From heat exchanger 32, the heated vapor is introduced to container 2 by

line 28. Although not shown in Fig. 2, a suitable regulating device, preferably located in line 25, regulates the flow rate of vapor into container 2. The flow rate and pressure of the vapor fraction passed into container 2 are preferably controlled to have the filling of container 1 completed at essentially the same time that container 2 is suitably pressurized for immediate PLNG filling.

In the early stage of PLNG-filling container 1, the vapor pressure in line 24 is sufficiently high to increase the pressure of vapor in container 2 without using compressor 31. In the early stage of filling container 1, the compressor is therefore not required and the fraction of vapor to be passed to container 2 could optionally by-pass compressor 31 and could be sent directly to the heat exchanger 32. In the late stage of PLNG-filling of container 1, the vapor pressure in line 24 gradually decreases until near the end of the PLNG filling operation, the vapor pressure would not be sufficient to pressure up container 2 to the desired pressure without further pressurization by compressor 31.

In the early stage of pressurizing the vapor in container 2, to keep the temperature of the vapor in container 2 above the material design limits, the incoming vapor would need to be warmed to compensate for the drop in temperature caused by the isenthalpic pressure reduction in passing from the relatively high-pressure condition in container 1 to the relatively low-pressure condition in container 2. During the late stage of PLNG-filling of container 1, the pressure of vapor in container 2 approaches the relatively high pressure of vapor in container 1, thus the temperature drop is minimal. Therefore, in the late stage of PLNG-filling of container 1, vapor pressurized by compressor 31 could optionally by-pass the heat exchanger 32 and be sent directly to container 2. The foregoing description of an optional vapor flow stream that by-passes compressor 31 in the early stage of PLNG-filling of container 1 and an optional flow stream that by-passes the heat exchanger 31 in the late stage of PLNG-filling of container 1 are not shown in the drawings.

The source of the PLNG for PLNG-filling of container 1 is in part obtained from auxiliary tank 11. At the beginning of the PLNG loading operation, PLNG from auxiliary tank 11 is withdrawn from tank 11 through line 39, pumped to a higher pressure by pump 41, and combined with plant PLNG in line 22. The combined

PLNG stream is then passed into container 1. The flow rate of PLNG from tank 11 is regulated by suitable control devices not shown in the drawings to ensure that tank 11 is essentially emptied of PLNG before container 4 is filled with PLNG, and preferably tank 11 is emptied of PLNG before half of the containers are loaded with PLNG. The volumetric fluid flow rate through line 39 is controlled so that the total return vapor flow rate (streams 26 and 40) to the plant 20 remains relatively constant as a percentage of the plant inlet feed (stream 21).

Referring again to Fig. 2, during the emptying of PLNG from tank 11, vapor previously stored in storage tank 10 is transferred to tank 11 to fill the space left by the departing PLNG. To minimize flashing of the PLNG, the pressure of the vapor above PLNG in tank 11 is at least maintained at the same pressure as the bubble point pressure of the PLNG in the tank, and preferably at a pressure slightly above the bubble point pressure of the PLNG. Vapor is withdrawn from tank 10 through line 35 and passed through a compressor 30 to pressurize the vapor to the relatively high vapor pressure in tank 11. The pressurized vapor exits the compressor 30 and is separated into two streams 36 and 37. Stream 36 is passed to tank 11 and stream 37 is passed through a heat exchanger 38 to heat the compressed vapor stream 37 before it is passed back to tank 10 through line 34. Any suitable heat transfer medium may be used in heat exchanger 38 for indirect heat exchange with the compressed vapor in line 37. Nonlimiting examples of suitable heat sources may include exhaust gases from ship engines and environmental sources such as air, salt water, and fresh water. Heat exchanger 38 is shown as a separate heat exchanger from heat exchanger 32, but one heat exchanger could be used to separately heat the vapor in lines 25 and 37. From heat exchanger 38, the heated vapor is introduced to tank 10 at a rate that maintains the vapor temperature in tank 10 above the tank design temperature as tank 10's pressure is lowered. While the flow rate of gas through line 36 is relatively constant, the flow rate of the recycle warming vapor in line 37 is variable depending on the heating needs to keep tank 10 above the minimum design temperature. During the loading process the plant maintains an inlet flow of gas through line 21 and produces fuel or condensate through line 27. Containers 3 and 4 remain essentially inactive in Fig. 2 except for boil-off.

Fig. 3 shows a schematic flow diagram of flow lines for loading PLNG into container 3 in accordance with a preferred embodiment of this invention. In the schematic shown in Fig. 3, it is assumed that containers 1 and 2 have been filled with PLNG. As PLNG is introduced to the bottom of container 3 through line 23', vapor above the PLNG in container 3 is forced out through line 24'. The vapor in line 24' is compressed by the compressor 31, and a fraction is passed by line 25 to heat exchanger 32 and it is then passed into container 4 through line 28'. A fraction of the vapor exiting container 3 is passed to plant 20 by line 26, and as discussed above with respect to vapor exiting container 1, the vapor fraction to be sent to the plant can be withdrawn either before or after compressor 31. All of containers are filled with PLNG in succession using the same PLNG loading, vapor venting, and vapor pressurization steps described herein until the last container is to be filled with PLNG. Detailed descriptions of the flow lines and operation of tank 11 are contained in the description below of Fig. 5D.

Fig. 4 shows the principal equipment used in the method of this invention for loading PLNG into container 4, the last container in the series of containers loaded in this description. PLNG is passed from the liquefaction plant 20 by line 22 to the bottom of container 4 by pipe 23". Vapor is vented from container 4 at a controlled rate to provide a pressurized vapor cushion above the PLNG as the liquid enters the bottom of container 4. The vapor from container 4 is passed by line 24" to compressor 31. From compressor 31 the vapor is split into two streams, a first stream passes through line 26 to the liquefaction plant 20 and a second stream passes through line 25, through heat exchanger 32 for warming of the second stream and it is then passed into tank 11 by line 34". The vapor is heated to maintain a vapor temperature in tank 11 above a predetermined material design temperature. Vapor is introduced into container 11 until the vapor pressure therein is essentially the same as the bubble point pressure of the PLNG plus the liquid head of a full container.

Figs. 5A through 5G show in schematic form the condition of the auxiliary storage tanks 10 and 11 during different stages of loading PLNG into a multiplicity of containers in accordance with the practice of this invention. In these drawings, the symbol "LP" means relatively low pressure, for example 100 psia, and the symbol

"HP" means relatively high pressure, for example the bubble point pressure of PLNG. The symbol "LP→HP" (used in Figs. 5F and 5G) means that tank 11 of Fig. 5F and tank 10 of Fig. 5G are undergoing an increase in pressure during the stage shown in the applicable figure, and similarly the symbol "HP→LP" (used in Figs. 5B and 5D) means that tank 10 of Fig. 5B and tank 11 of Fig. 5D are undergoing a decrease in pressure.

Fig. 5A illustrates the condition of the tanks 10 and 11 when a ship first arrives for filling with PLNG, before any PLNG loading has taken place. Tank 10 is filled with high pressure vapor that is rich in methane, preferably a pressure substantially the same as the bubble point pressure of PLNG, and tank 11 is filled with PLNG at substantially the same pressure and temperature conditions as PLNG to be loaded into containers on the ship.

Fig. 5B illustrates the condition of tanks 10 and 11 during loading of container 1 during the loading stage illustrated in Fig. 2. Vapor in tank 10 is being withdrawn and compressed, one portion is passed to tank 11 to displace the PLNG from that tank and another portion is heated and returned to tank 10. As tank 11 is emptied of PLNG, the pressure in tank 10 decreases from the bubble point pressure of PLNG to a relative low pressure.

Fig. 5C illustrates the conditions of tanks 10 and 11 at the stage when tank 11 has been depleted of PLNG. Tank 10 is full of low pressure vapor and tank 11 is full of high pressure vapor.

Fig. 5D illustrates removing vapor from tank 11 and passing at least some of the withdrawn vapor by line 40 to a liquefaction plant, and optionally using a fraction of this vapor as fuel. Fig. 5D illustrates the condition of tanks 10 and 11 during PLNG-loading of container 3 as illustrated in Fig. 3. A fraction of the vapor withdrawn from tank 11 through line 35' is compressed by compressor 30, split into two streams, one being stream 37 which is heated by heat exchanger 38 and returned to tank 11 by line 34' to ensure that the vapor temperature in tank 11 doesn't fall below the minimum design temperature for the tank. During this stage, the vapor pressure in tank 11 is reduced.

Fig. 5E illustrates the conditions of tanks 10 and 11 after the vapor withdrawal step of Fig. 5D has been completed – both tanks 10 and 11 are filled with low-pressure vapor.

Fig. 5F illustrates the condition of tanks 10 and 11 corresponding to the stage of the filling method shown in Fig. 4. In this stage, container 4 is being filled with PLNG and high-pressure vapor from container 4 is being passed to compressor 31 where the vapor is further pressurized. One fraction of the pressurized vapor is warmed and passed into container 11 by line 34" to increase the vapor pressure therein. A second fraction of the pressurized vapor is passed by line 26 to liquefaction plant 20. During this stage, the vapor pressure in tank 11 is gradually increased and the temperature of the vapor in tank 11 is maintained relatively constant at approximately the bubble point temperature of the PLNG.

Fig. 5G illustrates the stage of replenishing PLNG in tank 11 after the ship has been filled of PLNG to prepare tanks 10 and 11 for loading another ship with PLNG. This stage occurs after container 4 has been filled with PLNG. The PLNG source for replenishing tank 11 is preferably the liquefaction plant 20. PLNG is introduced into the bottom of tank 11 by line 34"' and the high pressure vapor above the PLNG is vented out of tank 11 in a regulated manner so as to maintain the pressure of the PLNG at the bottom of tank 11 relative constant through line 35"'. The filling of tank 11 is similar to the loading of container 1 as described above. The vapor displaced from tank 11 is passed by line 35"' to compressor 31 to pressurize the vapor to recover pressure losses associated with frictional losses in the fluid handling equipment in transporting vapor from tank 11 to tank 10 and to provide pressure needed to pressurize vapor introduced into tank 10 by line 25 through heat exchanger 32 and through line 34"' to substantially the bubble point pressure of PLNG plus the liquid head of a container full of PLNG. A portion of the pressurized vapor is passed by line 26 to the liquefaction plant 20. Optionally, the fraction of vapor being passed to the plant can be withdrawn from a vapor flow line upstream of the compressor 31. At the end of this stage, tank 11 is filled with PLNG and tank 10 is filled with high-pressure vapor, the condition of tanks 10 and 11 as depicted in Fig. 5A.

Example

A hypothetical mass and energy balance was carried out to illustrate the embodiment illustrated in the Figs. 2-4, and the results are set forth in Tables 1-4 below.

The data presented in the Tables are offered to provide a better understanding of the pressure and temperature of flow streams shown in Figs. 2- 4, but the invention is not to be construed as unnecessarily limited thereto. Table 1 provides compositional data for the container cargo at various conditions. The compositions are nominal and vary as a function of time in the loading method. Each of the containers was assumed to have a capacity of 828 m^3 and to have an elevation difference of 46 meters from the top of the container to its bottom. It should be noted that the PLNG loading rates would affect these compositions. Table 2 provides data for flow lines associated with Fig. 2, Table 3 provides data for flow lines associated with Fig. 3, and Table 4 provides data for flow lines associated with Fig. 4. The temperatures, pressures, and compositions are not to be considered as limitations upon the invention that can have many variations in cargo compositions and flow rates in view of the teachings herein. In this example, liquid-filled containers were filled to 98% by volume liquid (PLNG) with 2% vapor space and the ship's cargo was divided into ten equal-sized blocks of containers with each block consisting of 24 containers; the volumetric capacity of each block was approximately 20,000 m^3 and the total volumetric capacity of the two equal-sized storage tanks was also approximately 20,000 m^3.

In this example, the combined total vapor return flow rate to the liquefaction plant, or other suitable vapor utilization means, through lines 26 and 40 was held constant as a percentage of plant 20's inlet feed stream (stream 21). Several factors were considered in determining the constant vapor return flow rate, including the amount of vapor remaining in the containers prior to loading the ship; environmental conditions; and the temperature of the containers and the auxiliary storage tanks before PLNG filling began. By assessing these conditions, one skilled in the art having the benefit of the teachings of this invention can use storage tanks 10 and 11 as

a buffering system to achieve a relatively constant return vapor flow rate to the liquefaction plant 20.

Table 1 - Molar percentage of components at various container conditions

Component	PLNG-Filled Container or Tank	High-Pressure Vapor Composition	Low-Pressure Vapor Composition
C_1	93.86	98.716	98.70
C_2	4.01	0.82	0.76
C_3	0.28	0.03	0.03
C_{4i}	0.43	0.03	0.07
C_{4n}	0.13	0.008	0.02
C_{5i}	0.18	0.01	0.04
C_{5n}	0.05	0.003	0.01
C_{6+}	0.05	0.003	0.01
CO_2	1.01	0.38	0.36
Temperature °C (°F)	–95 (–139)	–95 (–139)	–95 (–139)
Pressure at bottom of a container during PLNG filling. kPa (psia)	2999 (435)	2999 (435)	876 (127)

Table 2

Stream	Percent of PLNG loaded into container 1	Percent of PLNG in tank 11	Vapor/ Liquid	°C	°F	kPa	psia
23 @bottom*	0	98	L	-95	-139	2,999	435
24	0	98	V	-95	-139	2,999	435
28	0	98	V	-96	-140	876	127
35	0	98	V	-95	-139	2,999	435
36	0	98	V	-96	-140	2,848	413
34	0	98	V	10	50	2,999	435
23 @bottom*	49	88	L	-95	-139	2,999	435
24	49	88	V	-95	-139	2,910	422
28	49	88	V	-96	-140	2,158	313
35	49	88	V	-95	-139	2,785	404
36	49	88	V	-92	-134	2,861	415
34	49	88	V	10	50	2,785	404
23 @bottom*	98	78	L	-95	-139	2,999	435
24	98	78	V	-95	-139	2,827	410
28	98	78	V	-92	-133	2,999	435
35	98	78	V	-95	-139	2,572	373
36	98	78	V	-87	-124	2,875	417
34	98	78	V	10	50	2,572	373
26	49	88	V	-91	-132	3,103	450
22	49	88	L	-96	-140	3,103	450
39	49	88	L	-95	-139	2,827	410

* Conditions of PLNG at the lower end of flow line 23.

Table 3

Stream	Percent of PLNG loaded into container 2	Percent of PLNG in tank 11	Vapor/ Liquid	°C	°F	kPa	psia
23' @bottom*	0	0	L	-95	-139	2,999	435
24'	0	0	V	-95	-139	2,999	435
28'	0	0	V	-96	-140	897	127
35'	0	0	V	-95	-139	1,303	189
40	0	0	V	-44	-48	3,103	450
34'	0	0	V	10	50	1,303	189
23' @bottom*	49	0	L	-95	-139	2,999	435
24'	49	0	V	-95	-139	2,910	422
28'	49	0	V	-96	-140	2,158	313
35'	49	0	V	-95	-139	1,062	154
40	49	0	V	-29	-20	3,103	450
34'	49	0	V	10	50	1,062	154
23' @bottom*	98	0	L	-95	-139	2,999	435
24'	98	0	V	-95	-139	2,827	410
28'	98	0	V	-92	-133	2,999	435
35'	98	0	V	-95	-139	897	127
40	98	0	V	-8	18	3,103	450
34'	98	0	V	10	50	2,944	427
26	49	0	V	-91	-132	3,103	450
22	49	0	L	-96	-140	3,103	450

* Conditions of PLNG at the lower end of flow line 23'.

Table 4

Stream	Percent of PLNG loaded into container 4	Percent of PLNG in tank 11	Vapor/ Liquid	°C	°F	kPa	psia
23" @bottom*	0	0	L	-95	-139	2,999	435
24"	0	0	V	-95	-139	2,999	435
34"	0	0	V	-96	-140	876	127
23" @bottom*	50	0	L	-95	-139	2,999	435
24"	50	0	V	-95	-139	2,910	422
34"	50	0	V	-96	-140	1,937	281
23" @bottom*	98	0	L	-95	-139	2,999	435
24"	98	0	V	-95	-139	2,827	410
34"	98	0	V	-91	-132	2,999	435
26	50	0	V	-91	-132	3,103	450
22	50	0	L	-96	-140	3,103	450

* Conditions of PLNG at the lower end of flow line 23".

A person skilled in the art, particularly one having the benefit of the teachings of this patent, will recognize many modifications and variations to the specific processes disclosed above. For example, a variety of temperatures and pressures may be used in accordance with the invention, depending on the overall design of the system and the composition of the PLNG. Return voyage conditions and reliquefaction operations will greatly influence the temperature and pressure in the containers. An additional variation in the mass left on the ship would occur if the vapor in the containers was providing the ship's fuel. Also, the piping connections between the PLNG containers may be supplemented or reconfigured depending on the overall design requirements to achieve optimum heat exchange requirements. As discussed above, the specifically disclosed embodiments and examples should not be used to limit or restrict the scope of the invention, which is to be determined by the claims below and their equivalents.

What is claimed is:

1. A method for loading pressurized liquefied gas into a plurality of containers containing pressurized vapor, wherein the containers are loaded in succession, comprising the steps of:
   (a) introducing the liquefied gas into the containers, thereby discharging the vapor therefrom;
   (b) passing vapor discharged from at least some of the containers to auxiliary storage tanks comprising a first tank and a second tank, withdrawing the vapor from at least one of the tanks, and passing the withdrawn vapor to a vapor utilization means; and
   (c) regulating fluid flow to and from the first and second tanks to assure that the total flow rate of vapor to the vapor utilization means remains at a relatively constant flow rate.

2. The method of claim 1 wherein the gas utilization means is a gas liquefaction plant which liquefies a gas feed stream.

3. The method of claim 2 wherein the flow rate of vapor to the gas liquefaction plant is a relatively constant flow rate as a percentage of the feed stream to the liquefaction plant.

4. The method of claim 1 wherein the vapor utilization means comprises fuel-consuming equipment.

5. The method of claim 1 further comprising, prior to step (a) an additional step of pressurizing the vapor in at least one of the containers to substantially the pressure of the liquefied gas to be introduced therein.

6. The method of claim 2 further comprising, prior to step (a) an additional step of cooling the pressurized vapor in at least one of the containers to substantially the temperature of the liquefied gas to be introduced therein.

7. The method of claim 1 further comprising, simultaneously with introducing the liquefied gas into a first container of the plurality of containers, the additional step of passing a fraction of the vapor discharged from the first container to a second container to be filled with the liquefied gas.

8. The method of claim 1 wherein the volumetric capacity of each tank is substantially the same as the volumetric capacity of a container of the plurality of containers.

9. The method of claim 1 further comprising pressurizing the vapor discharged from a first container of the plurality of containers by passing the discharged vapor to a compressor, separating said pressurized vapor into a first vapor stream and a second vapor stream, passing the first vapor stream to the vapor utilization means, heating the second vapor stream and passing the heated second vapor stream into a second container of the plurality of containers to increase the vapor pressure in the second container.

10. The method of claim 9 wherein the pressure in the second container is increased to substantially the same pressure as the bubble point pressure of the liquefied gas.

11. The method of claim 9 wherein the pressure in the second container is increased to substantially the same pressure as the bubble point pressure of the liquefied gas plus the pressure of the static head of the second container when filled with liquefied gas.

12. The method of claim 1 wherein the liquefied gas introduced into the first container is at least in part obtained by withdrawing liquefied gas from the second tank.

13. The method of claim 12, during withdrawal of the liquefied gas from the second tank, withdrawing a methane-rich vapor from the first storage tank, compressing the withdrawn methane-rich vapor, separating the compressed methane rich vapor into a first vapor stream and a second vapor stream, heating the first vapor stream and passing it back to the first storage tank, passing the second vapor stream to the second storage tank.

14. The method of claim 1 further comprising the steps of passing the vapor discharged from the last container being filled with pressurized liquefied gas to a compressor to pressurize the discharged vapor, passing a first fraction of the pressurized vapor to the vapor utilization means and heating a second fraction of the pressurized vapor and passing the heated second fraction to the second tank.

15. The method of claim 1 further comprising the step of regulating the pressure of the vapor displaced from the first container such that the pressure of the liquefied gas at the bottom of the containers remains essentially constant during loading of the liquefied gas into the first container.

16. The method of claim 1 wherein the vapor in the containers prior to loading with the liquefied gas produced during a process of emptying the containers of liquefied gas.

17. The method of claim 1 wherein the temperature of the discharged vapor is above –112°C.

18. The method of claim 1 wherein the pressurized liquefied gas is pressurized liquefied natural gas having a temperature above –112°C and a pressure at essentially its bubble point pressure.

19. The method of claim 1 further comprising, prior to step (a) the additional step of introducing heated vapor into the first container and maintaining the temperature of the temperature of the vapor in the container at or above a predetermined minimum temperature.

20. The method of claim 1 wherein the pressure of the vapor in the first container or group of containers at the beginning of the loading method is substantially the same as the bubble point pressure of the liquefied gas plus the hydrostatic head of a container full of liquefied gas.

21. The method of claim 1 further comprising regulating the pressure of the vapor introduced into the second tank to keep the pressure of the liquefied gas at the bottom of the tank essentially constant during withdrawal of liquefied gas therefrom.

22. The method of claim 1 wherein the plurality of containers to be unloaded of liquefied gas are aboard a ship and the auxiliary storage tanks are located off the ship.

23. The method of claim 1 further comprising regulating the pressure of the vapor in the second container to keep the pressure of the liquefied gas at the bottom of the second container essentially constant during loading of the liquefied gas therein.

24. A method for loading pressurized liquefied gas into a plurality of containers containing pressurized vapor, wherein the containers are loaded in succession, comprising the steps of:

(a) introducing the liquefied gas into a first container, thereby discharging the vapor therefrom;

(b) pressurizing the vapor discharged from the first container by passing the discharged vapor to a compressor, separating said pressurized vapor into a first vapor stream and a second vapor stream, passing the first vapor stream to a vapor utilization means, heating the second vapor stream and passing the heated second vapor stream into a second container of the plurality of containers to increase the vapor pressure in the second container;

(c) passing vapor discharged from at least some of the containers to auxiliary storage tanks comprising a first tank and a second tank, withdrawing the vapor from at least one of the tanks, and passing the withdrawn vapor to the vapor utilization means;

(d) regulating flow of fluids to and from the first and second tanks to buffer the flow rate of vapor to the vapor utilization means, wherein at the beginning of the method of loading the containers with liquefied gas, the first tank being filled with relatively high pressure vapor and the second tank containing pressurized liquefied gas, said fluid flow regulation comprising the steps of:

(i) withdrawing pressurized liquefied gas from the second tank and passing the withdrawn pressurized liquefied gas to at least one of the containers and simultaneously withdrawing vapor from the first tank, pressurizing the withdrawn vapor and passing a first fraction of the pressurized vapor to the second tank and heating a second fraction of the pressurized vapor and passing the heated second fraction to the first tank, at the end of this step the second tank being substantially emptied of pressurized liquefied gas and containing relatively high pressure vapor and the first tank containing relatively low pressure vapor;

(ii) withdrawing vapor from the second tank, pressurizing the vapor and passing a fraction of the pressurized vapor to the vapor utilization means and heating a second fraction of the pressurized vapor and passing the heated vapor to the second tank, at the end of this step the

first and second tanks both containing vapor at a relatively low pressure;

(iii) passing the vapor discharged from the last container being filled with pressurized liquefied gas to a compressor to pressurize the vapor, passing a first fraction of the pressurized vapor to the vapor utilization means and heating a second fraction of the pressurized vapor and passing the heated second fraction to the second tank, at the end of this step, the first tank containing vapor at a relatively low pressure and the second tank containing vapor at a relatively high pressure; and

(iv) introducing pressurized liquefied gas into the second tank and discharging vapor therefrom, pressurizing the discharged vapor of this step and splitting the vapor into a first fraction and a second fraction, heating the first vapor fraction and passing the heated first fraction to the first tank and passing the second fraction to the gas utilization means, at the end of this step, the first tank containing vapor at relative high pressure vapor and the second tank containing pressurized liquefied gas.

25. A method for loading pressurized liquefied gas into a plurality of containers filled with vapor rich in methane, wherein the containers are loaded in succession, comprising the steps of:

(a) introducing the liquefied gas into the containers, thereby discharging the vapor therefrom;

(b) passing a first fraction of the vapor discharged from the container to a vapor utilization means;

(c) passing a second fraction of the discharged vapor into auxiliary storage tanks comprising a first tank and a second tank, and passing at least a portion of the second vapor fraction from at least one of the auxiliary tanks to the vapor utilization means; and

(d) controlling the amount of the first vapor fraction passed to the vapor utilization means relative to the amount of the second vapor fraction passed to the vapor utilization means to assure that the total flow rate of vapor to the vapor utilization means remains at a generally constant flow rate.

6678E0"E02678T9

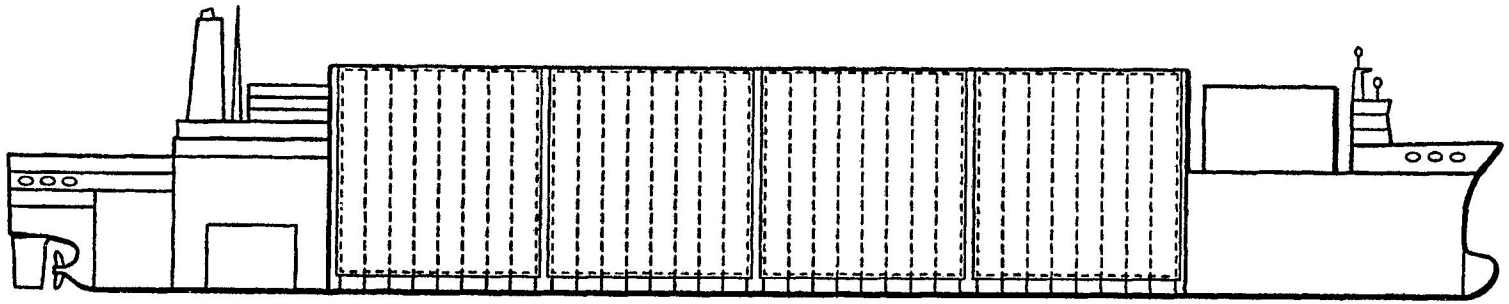


FIG. 1A

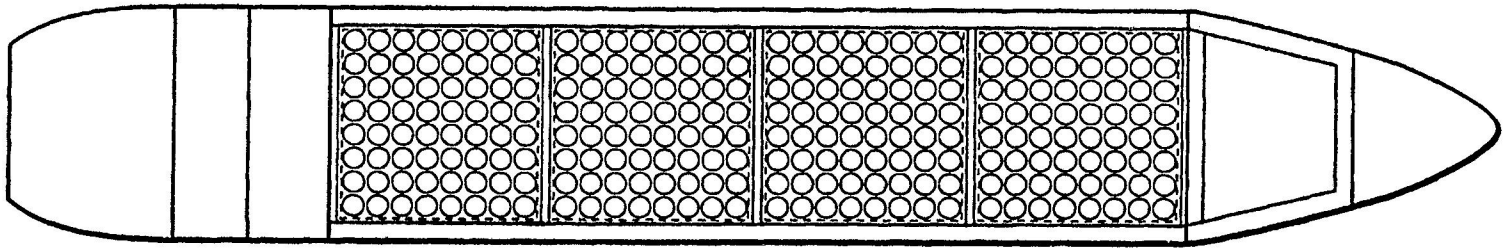


FIG. 1B

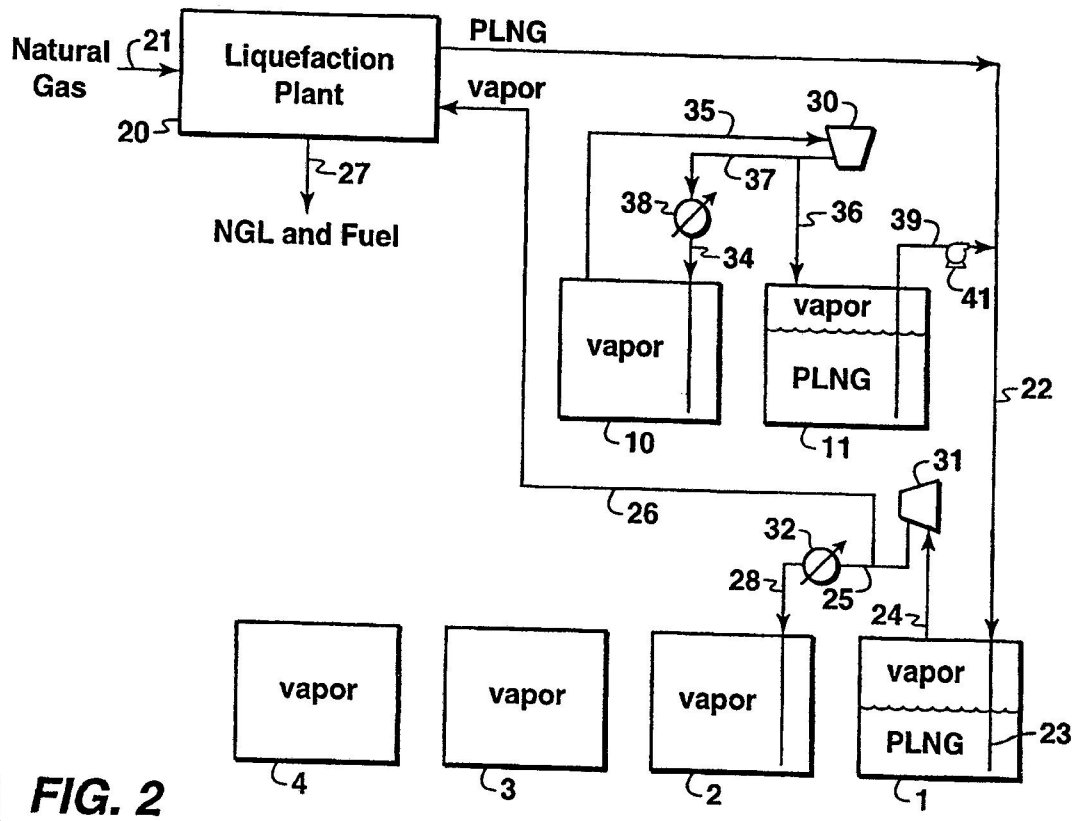

Natural Gas
21
Liquefaction Plant
20
PLNG
vapor
27
NGL and Fuel
35
30
37
38
36
39
34
41
vapor
vapor
PLNG
22
10
11
31
26
32
28
25
24
vapor
vapor
vapor
vapor
PLNG
23
4
3
2
1

FIG. 2

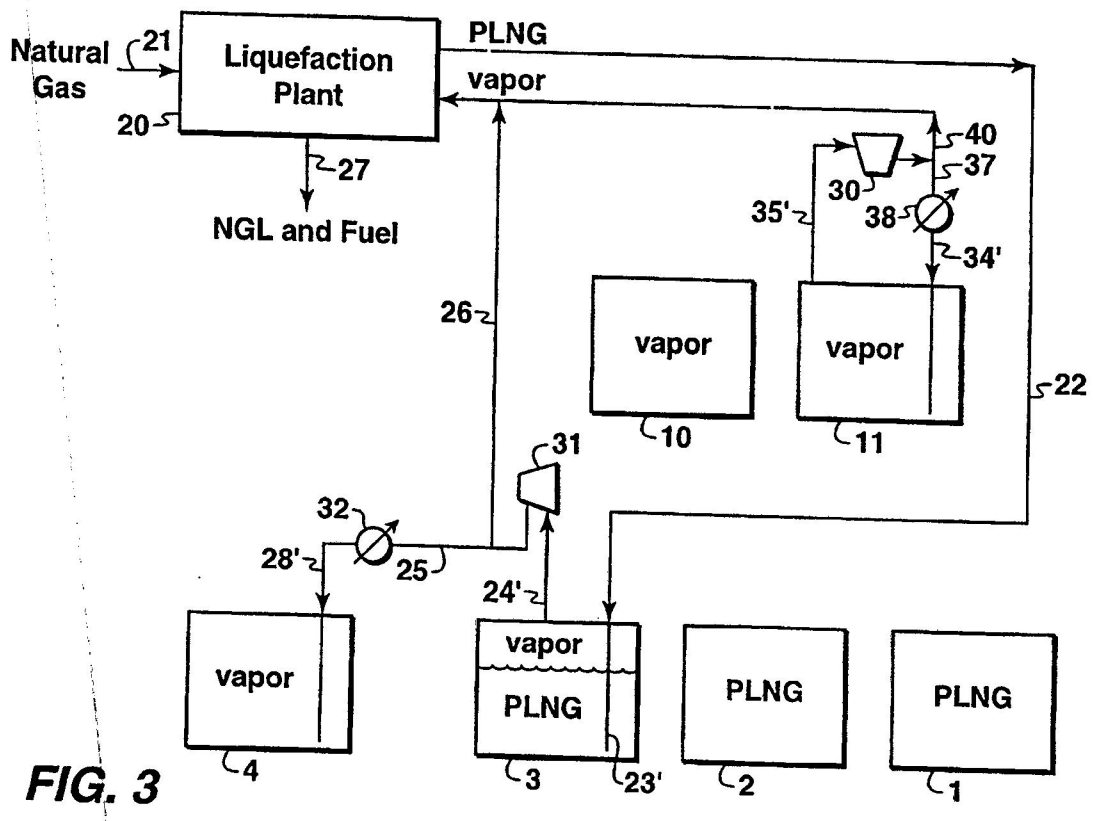

Natural Gas
21
Liquefaction Plant
20
PLNG
vapor
27
NGL and Fuel
40
37
30
35'
38
34'
26
vapor
vapor
22
10
11
31
32
28'
25
24'
vapor
PLNG
PLNG
PLNG
4
3
23'
2
1

FIG. 3

106
103

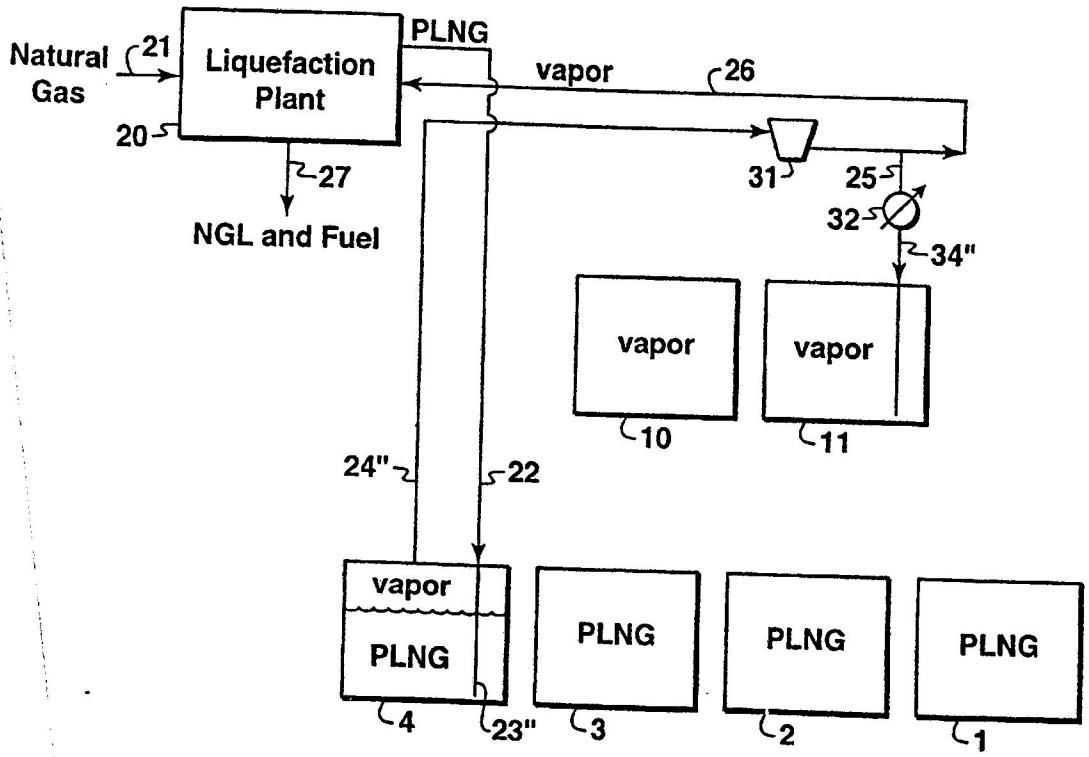

Natural Gas
21
Liquefaction Plant
20
PLNG
vapor
26
27
NGL and Fuel
31
25
32
34"
vapor
10
vapor
11
24"
22
vapor
PLNG
4
23"
PLNG
3
PLNG
2
PLNG
1

FIG. 4

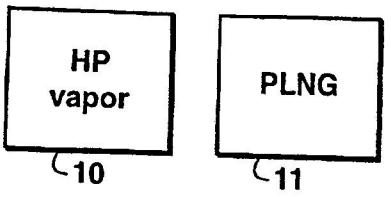


FIG. 5A

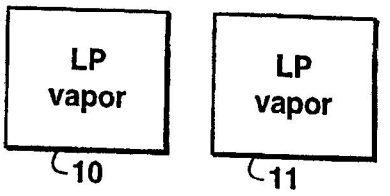


FIG. 5E

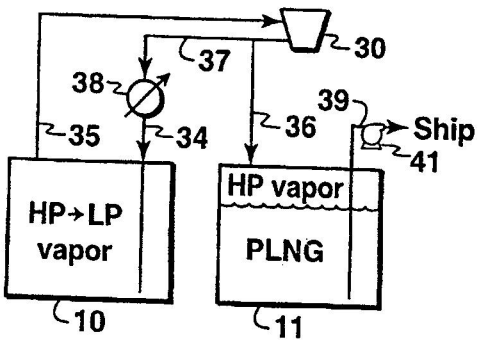


FIG. 5B

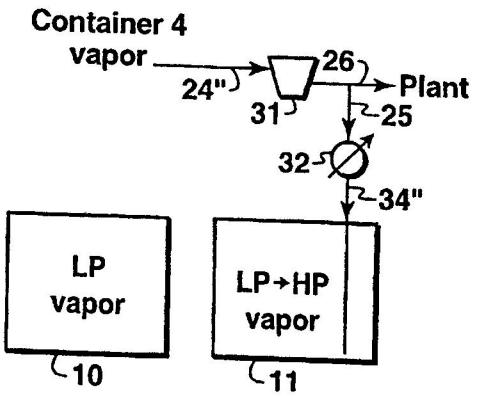


FIG. 5F

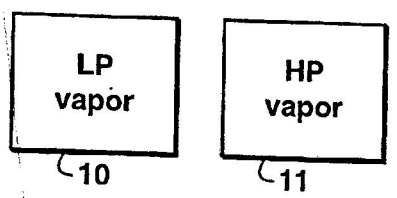


FIG. 5C

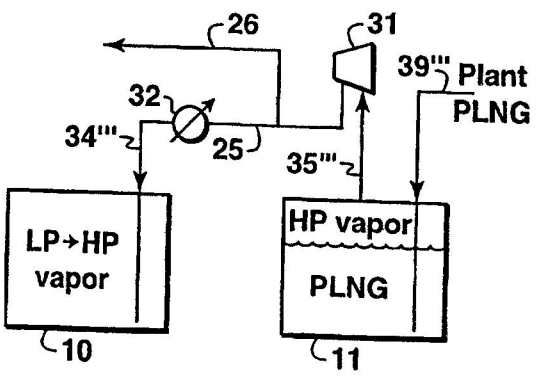


FIG. 5G

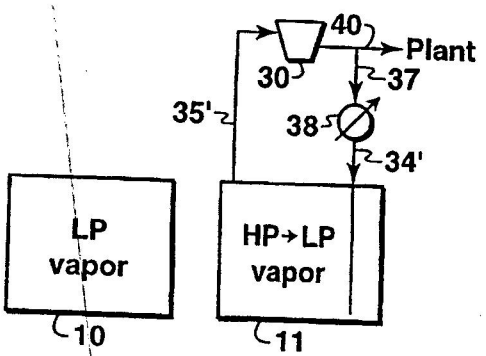


FIG. 5D

105

Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO

REQUISITOS MINIMOS PARA ADI

Radicacion : 00022432 00000000 Folios: 107
Fecha (AMD): 2000-03-29 15:40:35
Tramite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 411 PRESENTAC
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

108

PATENTE DE INVENCIÓN [ ] **MODELO DE UTILIDAD [ ]**

- Nombre e identificación del Solicitante [ ]
- Nombre e identificación del Inventor [ ]
- Título o nombre de la Invención [ ]
- Descripción [ ]
- Reivindicaciones [ ]
- Resumen [ ]
- Comprobante de Pago [ ]

COMPLETA [ ] INCOMPLETA [ ]

DISEÑO INDUSTRIAL [ ]

- Nombre e identificación del peticionario [ ]
- Nombre e identificación del inventor o diseñador [ ]
- Indicación del género de productos para los cuales debe utilizarse [ ]
- Representación gráfica [ ]
- Comprobante de pago [ ]

COMPLETA [ ] INCOMPLETA [ ]

_____.
Firma Responsable

Fecha:_____.

Carrera 13 No. 27-00 Piso 5 y 10
Conmutador: 334 12 21-2-3-4
Fax: 281 31 25 e-mail: info@sic.gov.co
Santa Fe de Bogotá D.C. - Colombia

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

PRIMER EXAMEN DE FORMA

430
2000-04-30

EXPEDIENTE 00-022432

Practicado el examen jurídico de acuerdo con lo establecido en el art. 21 de la Decisión 344 se determinó que esta solicitud de **Patente de Invención:**

SI [ ] **NO [x]** **NO APLICABLE [ ]** Presentó los poderes necesarios en forma correcta (Decisión 344, art. 14-a).

SI [ ] **NO [x]** **NO APLICABLE [ ]** Acreditó, en forma correcta, la existencia y representación de la persona jurídica solicitante (art. 14-c de la Decisión 344; literal g) del art. 4 del Decreto 117/94).

SI [x] **NO [ ]** **NO APLICABLE [ ]** Presentó, en forma correcta el comprobante de pago por la tasa de presentación establecida (art. 13-f de la Decisión 344 y la Resolución 02 del 4 de enero del 2000).

SI [x] **NO [ ]** **EXTEMPORANEAMENTE [ ]** Reivindicó prioridad, dentro del plazo y de acuerdo con lo previsto en el Artículo 4 del Convenio de Paris.

SI [x] **NO [ ]** **NO APLICABLE [ ]** Presentó copia, certificada su conformidad por la Administración que recibió la solicitud de la cual reivindica prioridad, al momento de radicar la solicitud nacional.

SI [x] **NO [ ]** **NO APLICABLE [ ]** Presentó la traducción del capítulo reivindicatorio de la solicitud de la cual se reivindica prioridad (Art. 4, D-3 Convenio de París; Concepto: 5 de enero de 1999 S.I.C.).

SI [ ] **NO [x]** **CUMPLE LOS REQUISITOS JURIDICOS**

OBSERVACIONES JURIDICAS CONVENIO DE PARIS:

En consecuencia, se conceptúa que esta solicitud:

SI [ ] **NO [x]** Se ajusta a los aspectos **FORMALES** indicados en la Decisión 344 y por tanto,

SI [ ] **NO [x]** Se recomienda **PUBLICAR** el extracto correspondiente.

Santafé de Bogotá, D.C.,30 de marzo del 2000.

EXAMINADOR JURIDICO: Código 202002

Carrera 13 N° 27-00 Pisos 5° y 10°
Conmutador 334 1221-2-3-4
Fax 281 3125
Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia

107
110

DIVISIÓN NUEVAS CREACIONES

PRIMER EXAMEN DE FORMA

430
Sin fecha

RADICACIÓN N° 00-22432

CONCEPTO TÉCNICO N° 573

Clasificación Internacional de Patentes: B63B 35/44; F 25 J 3/00

Practicado el examen de acuerdo a lo establecido en el Art. 21 de la Decisión 344 se determinó que esta solicitud de **Patente de Invención:**

SI ☑ NO ☐	Contiene la identificación correcta del inventor (Art.8, Art.13-a).
SI ☑ NO ☐	Contiene la identificación correcta del solicitante (Artículo 13-a).
SI ☑ NO ☐	Contiene el resumen con el objeto y finalidad de la invención en forma correcta (Art.13-e).
SI ☑ NO ☐	Contiene el título o nombre de la invención en forma correcta (Art.13b).
SI ☑ NO ☐	Contiene la descripción clara y completa de la invención (Art.13-c).
SI ☑ NO ☐	Contiene los dibujos correctos (Art.14-c junto con el literal d) del Art. 4 del Dto. 117 del 94).
SI ☑ NO ☐	Contiene las unidades de medida en el sistema exigido (Art.14-c junto con el Decreto 3464 del 26 de diciembre de 1980).
SI ☑ NO ☐	Contiene una o más reivindicaciones, en forma correcta, que precisen la materia para la cual se solicita la protección mediante la patente (Art.13-d).
SI ☑ NO ☐	Contiene el extracto de acuerdo con el literal c) del artículo 4 del Dto. 117 /94.
SI ☐ NO ☐	Contiene el arte final del dibujo característico de acuerdo con el literal c) del artículo 4 y el artículo 27 del Dto. 117 /94.
SI ☑ NO ☐	Contiene la tarjeta del Archivo Temático [formato P-104] en forma correcta (Art.14-c junto con el literal b) del artículo 4 del Dto. 117 /94).
SI ☑ NO ☐	Contiene la tarjeta del Archivo de Propietarios [formato P-105] en forma correcta (Art.14-c junto con el literal b) del artículo 4 del Dto. 117 /94).

SI ☑ NO ☐ CUMPLE LOS REQUISITOS TÉCNICOS

OBSERVACIONES Y OTROS: SI ☑ NO ☐ ver hoja(s) anexa(s)

Santa Fe de Bogotá, D. C.,

EXAMINADOR TÉCNICO
202003

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

111
100

EXPEDIENTE 00-022432

AUTO 0903

430
2000-04-27

LA JEFE DE LA DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

DISPONE

ARTICULO PRIMERO: Conforme lo establece el artículo 22 de la Decisión 344 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena, requiérese al solicitante, para que dentro del plazo de treinta (30) días hábiles siguientes a la fecha de notificación del auto, presente respuesta a las observaciones o complemente los antecedentes señalados en el examen de forma.

ARTICULO SEGUNDO: Notificar por estado el presente auto, advirtiendo que contra el no procede recurso alguno en la vía gubernativa.

NOTIFIQUESE Y CUMPLASE
Dado en Santafé de Bogotá D.C., a los 25 ABR 2000

LA JEFE DE LA DIVISION DE NUEVAS CREACIONES,

ALIX CARMENZA CESPEDES DE VERGEL

NOTIFICADO POR ESTADO

Santafé de Bogotá D.C., 27 ABR 2000 notificado por anotación en estado de esta misma fecha.

VENCIMIENTO NOTIFICACION ESTADO

SOLICITO PRORROGA TERMINO SI____ NO____

VENCIMIENTO TERMINO PRORROGA

Carrera 13 N° 27-00 Pisos 5° y 10°
Conmutador 334 1221-2-3-4
Fax 281 3125
Santafé de Bogotá, D.C. - Colombia