



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

Organización CSA 1111

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
INVENTARIO

SOLICITUD

PATENTE DE INVENCION

08-6197

21. EXPEDIENTE N°

54. TÍTULO "PROCESO DE LICUEFACCION DE GAS NATURAL PARA GNL"

51. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL F25J 1/00

71. SOLICITANTE EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

DOMICILIO HOUSTON, ESTADO DE TEXAS, ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

74. REPRESENTANTE LEGAL ALICIA LLOREDA RICAURTE

T.P. 53.215

22. BOGOTÁ, D.C. 23 ENE 2008

PETITORIO



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 08-006197- -00000-0000

Fecha: 2008-01-23 16:32:54

Dep. 2020 NUECREACIONI

Tra. 11 PATENTEIYII

Eve: 378 FASENACIONALI

Act. 411 PRESENTACION

Folios: 65

FORMULARIO ÚNICO DE SOLICITUD DE PATENTE PCT

ENTRADA EN FASE NACIONAL

09 Mayo 2008

①

SOLICITUD DE:

☒ Patente de Invención

☐ Patente de Modelo de Utilidad

☒ Capítulo I.

☐ Capítulo II.

②

SOLICITANTE (71)

Nombre: **EXXONMOBIL UPSTREAM
RESEARCH COMPANY**

Dirección: 3120 Buffalo, Speedway P.O.
Box 2189, Houston, Texas 77252-2189,
Estados Unidos de América.

Nacionalidad o Domicilio: Houston, Estado
de Texas, Estados Unidos de América.

Lugar de Constitución: Estado de
Delaware, Estados Unidos de América.

Teléfono: 3264270 Fax: 6069701

E-mail: jllcco@lloredacamacho.com

IDENTIFICACION

C.C. ☐ NIT ☐

C.E. ☐ Otro ☐

Cual _____

Número _____

③

REPRESENTANTE O APODERADO

Nombre: **ALICIA LLOREDA RICAURTE**

Dirección: Calle 72 No. 5-83 Piso 5º,
Bogotá, Colombia

Teléfono: 3264270 Fax: 6069701

E-mail: jllcco@lloredacamacho.com

C.C. ☒ NIT ☐

C.E. ☐ Otro ☐

Cual _____

Número 39.690.713 TP 53.215

④

INVENTOR(ES) (72)

Nombre: MINTA, Moses; STANLEY, Kevin, N.; STONE, John, B.; BOWEN,
Ronald, R. y COTE, Linda, J.

Dirección: 39 Sterling Street, Sugar Land, TX 77479; 127 Chandler Court,
Sugar Land, TX 77479; 1915 Pleasant Creek, Kingwood, TX 77345; 37602
Pinwood Court, Magnolia, TX 77354 y 903 Quiet Water Court, Sugar Land,
TX 77479.

Nacionalidad o Domicilio: Estados Unidos de América.

⑤

PCT (86)

Solicitud Internacional No. PCT/US2006/020121

Fecha: 24/05/06

Publicación Internacional No. WO 2007/021351 A1

Fecha: 22/02/07

⑥

Título (54)

“PROCESO DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL PARA GNL”

⑦

Clasificación Internacional (51) F25J 1/00

⑧

Prioridad

SI ☒ NO ☐

(33) País de Origen

US

US

(32) Fecha

09/08/05

26/04/06

(31) Número de Solicitud

60/706,798

60/795,101

⑨

Comprobante de Pago No. 08-1.391

Fecha: 4 de Enero de 2008

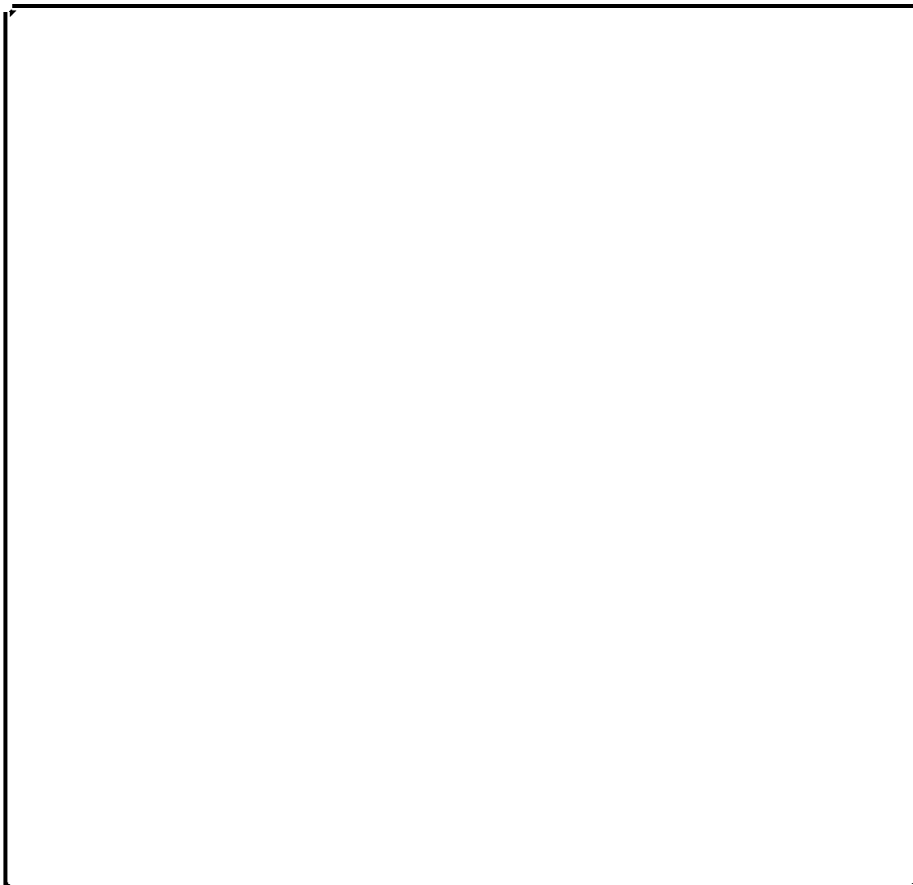
10

ANEXOS

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.
- ☒ Documento que acredita la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica.
- ☒ Documento de Representación Legal.
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☐ Declaraciones.
- ☐ Copia de la solicitud internacional. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☒ Traducción de la solicitud internacional al castellano. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☐ Copia del examen preliminar internacional efectuado por la Autoridad Internacional de Examen Preliminar (IPEA).
- ☐ Traducción del examen preliminar internacional efectuado por la IPEA.
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.
- ☐ Arte Final 12X12.
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionados parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.
- ☐ De ser el caso, modificaciones efectuadas a la solicitud internacional.
- ☒ Otros: reporte de búsqueda internacional con su traducción, publicación con su traducción y opinión escrita de la autoridad de búsqueda internacional con su traducción.

11

FIGURA CARACTERISTICA:



12

Solicito la concesión de la patente.

NOMBRE: ALICIA LLOREDA RICAURTE

FIRMA:

C.C. 39.690.713

T.P. 53.215

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800176089-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 08 - 1,391
FECHA : ENERO 4 DE 2008

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 08-006197- -00000-0000

Fecha: 2008-01-23 16:32:54 Dep. 2020 NUECREACIONI
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 65

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PGO	Vr. PAGO
LLOREDA Y CIA S. A	CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	2808788	04/01/2008	5,918,000.00

***** CONCEPTO *****

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01	SOLICITUDES	
		1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	501,000.00
		TOTAL :	\$ 501,000.00

SON: QUINIENTOS UN MIL PESOS

RESPONSABLE : _____

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____

ANEXO

El documento que acredita la calidad de REPRESENTANTES LEGALES en Bogotá de los doctores **ALICIA LLOREDA y/o GUSTAVO TAMAYO y/o IGNACIO SANTAMARIA y/o ENRIQUE ALVAREZ** para TODOS LOS ASUNTOS RELACIONADOS CON LA PROPIEDAD INDUSTRIAL de la sociedad peticionaria, que faculta a cada uno de dichos abogados para actuar individualmente, se está presentando con esta solicitud. En consecuencia, ruego a usted reconocer la personería de cada uno de dichos Representantes Legales para actuar dentro del presente expediente, a fin de que cualquiera de ellos pueda intervenir en cualquier tiempo respecto de la solicitud en él contenida.



ALICIA LLOREDA RICAURTE

T.P. No. 53.215

4

TRADUCCION OFICIAL No. 2004-09-01-429
DE LAS PARTES PERTINENTES DE UN DOCUMENTO

PODER

Legalización de un Poder de Representación Legal, documento escrito en inglés y en español.

Certificado Notarial (Sociedad)

Estados Unidos de América

Estado de Texas) ss

Condado de Harris)

En este día 18 de agosto de 2004, compareció personalmente Gary D. Lawson, a quien conozco y quien sé que es la persona que firmó el documento anterior, quien habiendo sido debidamente juramentada por mí declaró y dijo que él es el Subsecretario de **EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY**, la compañía nombrada ahí, una Corporación organizada y existente bajo las leyes del Estado de Delaware, Estados Unidos de América, domiciliada en la Ciudad de Houston, Condado de Harris, Estado de Texas, Estados Unidos de América y legalmente constituida por un período de tenencia que aún no ha expirado, que ejerce sus propósitos corporativos de acuerdo con las leyes del Estado de Delaware, Estados Unidos de América; que el declarante está autorizado por



dicha Compañía para conferir este poder; que el sello colocado sobre él por el declarante en nombre de dicha Corporación es el sello corporativo de ella; y que los propósitos para los cuales se otorga este instrumento se incluyen dentro de los propósitos corporativos de la Compañía.

El suscrito Notario Público ha visto los artículos de incorporación de dicha Corporación ejecutados en Wilmington, Estado de Delaware, el 12 de noviembre de 1964, y por el presente certifica que bajo las leyes de dicho Estado el reconocimiento anterior es prueba suficiente de que los datos contenidos en el presente son verdaderos lo cual ella certifica.

(Firma: ilegible)

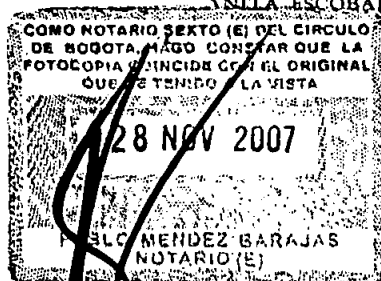
Margaret Gnewuch Notario Público, Estado de Texas Mi comisión expira el 20 de diciembre de 2005

Estado de Texas
Secretario de Estado
APOSTILLA

(Convención de La Haya del 5 de octubre de 1961)

1. Pais: Estados Unidos de América
Este documento público
2. ha sido firmado por Margaret Gnewuch
3. actuando como Notario Público, Estado de Texas
4. lleva el sello/estampilla de Margaret Gnewuch, Notario Público, Estado de Texas, La Comisión Expira el 12-20-2005

TRADUCTOR OFICIAL
RESOLUCION 2177

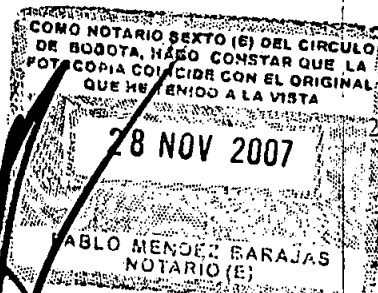


CERTIFICADO

- | | | | |
|----|--------------------------------------|-----|-----------------------------|
| 5. | en Austin, Texas | 6. | el día 20 de agosto de 2004 |
| 7. | por el Secretario de Estado de Texas | | |
| 8. | Certificado No. N-422596 | | |
| 9. | Sello | 10. | Firma: (ilegible) |
| | El Estado de Texas | | Geoffrey S. Connor |
| | | | Secretario de Estado |

Traducido según mi mejor saber y entender, este día 1 de septiembre de 2004, en la ciudad de Bogotá, D.C., por Anita Escobar de Tamayo, Traductora Oficial, Res. 2177 de 1989, Ministerio de Justicia, República de Colombia.

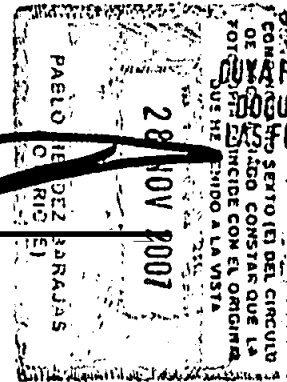
TRADUCTOR OFICIAL
RESOLUCION 2177
Anita Escobar de Tamayo
ANITA ESCOBAR DE TAMAYO



MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES

primera copia

61226



CUYA FIRMA APARECE EN EL
DOCUMENTO DESEMPEÑA
LAS FUNCIONES INDICADAS

NO SE ASUME
RESPONSABILIDAD DEL TEXTO

2004 SEP -2 A 11: 08

MS
JEFE DE LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C.



The State of Texas

Secretary of State

APOSTILLE

(Convention de La Haye du 5 Octobre 1961)

1. Country: United States of America

This public document

2. has been signed by MARGARET GNEWUCH

3. acting in the capacity of Notary Public, State of Texas

4. and bears the seal/stamp of MARGARET GNEWUCH, Notary Public, State of Texas, Commission Expires: 12-20-05

CERTIFIED

5. at Austin, Texas

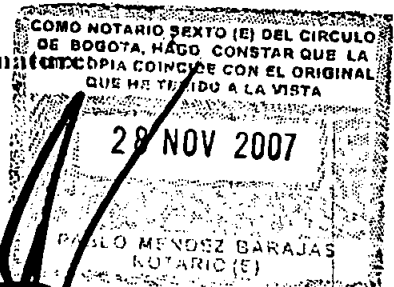
6. on August 20, 2004

7. by the Secretary of State of Texas

8. Certificate No. N-422596

9. Seal

10. Signature



Geoffrey S. Connor
Secretary of State
ST/wn



Los abajo firmados, **EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY**, una sociedad organizada y existente de conformidad con las leyes del Estado de Delaware, Estados Unidos de América.

con domicilio en **3120 Buffalo, Speedway
P.O. Box 2189, Houston,
Texas 77252-2189,
Estados Unidos de América**

nombramos por el presente a **ALICIA LLOREDA y/o GUSTAVO TAMAYO y/o IGNACIO SANTAMARIA y/o ENRIQUE ALVAREZ**, domiciliados en Bogotá, Colombia, con oficinas en dicha ciudad, Calle 72 No. 5-83, piso 6o., nuestros representantes legales y verdaderos en Bogotá, con facultades para recibir notificaciones y nombrar apoderados judiciales o extrajudiciales, con el fin de dar cumplimiento al parágrafo 1o. del artículo 543 del decreto 410 de 1971.

Los doctores **ALICIA LLOREDA y/o GUSTAVO TAMAYO y/o IGNACIO SANTAMARIA y/o ENRIQUE ALVAREZ**, o los apoderados que cualquiera de ellos designe, quedan especialmente facultados para representarnos ante las autoridades colombianas, administrativas, judiciales o de policía, en todos los trámites relativos a la propiedad industrial, a cuyo efecto les facultamos para dar ante dichas autoridades todos los pasos necesarios al objeto indicado; elevar solicitudes, declaraciones, reclamos, recursos y presentar desistimientos; formular descripciones, enmiendas, limitar el alcance de las solicitudes, presentar oposiciones y apelaciones; instaurar cancelaciones, renunciar total o parcialmente a los registros, abonar todos los impuestos y cuotas y efectuar todo otro pago determinado por la ley; recibir todos los documentos y valores, dando el descargo respectivo; llenar cualesquiera otros requisitos y tomar, en fin, todas las medidas que creyeren conducentes al resguardo de nuestros intereses; y en caso de producirse oposición, pasando los antecedentes a los tribunales, quedan facultados para tomar intervención como demandantes o demandados ante los jueces que sean competentes, pudiendo transar, someter a árbitros, desistir, percibir y apelar, con todas las demás facultades que resulten necesarias, y por el presente declaramos desde ahora válido y bueno cuanto dichos representantes y/o los apoderados que cualquiera de ellos nombre hicieren en nuestro beneficio.

Asimismo, facultamos a los doctores **ALICIA LLOREDA y/o GUSTAVO TAMAYO y/o IGNACIO SANTAMARIA y/o ENRIQUE ALVAREZ**, para solicitar en la Oficina de Propiedad Industrial la protocolización de este documento y de cualquier poder que cualquiera de ellos otorgue a nombre nuestro.

Dado y firmado

The undersigned, **EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY**, a corporation organized and existing under the laws of State of Delaware, United States of America.

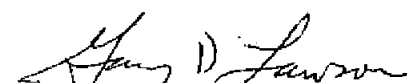
domiciled at **3120 Buffalo, Speedway
P.O. Box 2189, Houston,
Texas 77252-2189,
United States of America**

hereby appoint, **ALICIA LLOREDA and/or GUSTAVO TAMAYO and/or IGNACIO SANTAMARIA and/or ENRIQUE ALVAREZ**, of Bogotá, Colombia, with offices in said town, Calle 72 No. 5-83, Sixth Floor, our true and legal representatives in Bogotá, with power to receive notifications and to appoint judicial or extrajudicial agents, so as to comply with paragraph 1o. of article 543 of decree 410 of 1971.

Doctors **ALICIA LLOREDA and/or GUSTAVO TAMAYO and/or IGNACIO SANTAMARIA and/or ENRIQUE ALVAREZ**, or the agents by any one of them appointed, are especially empowered to represent us before the administrative, judicial or police authorities of Colombia, in all proceedings pertaining to industrial property, for which purpose we authorize them to take before the said authorities all the necessary steps for the said end; to file petitions, declarations, claims, recourses and withdrawals, to draw up specifications; to file amendments, to limit the scope of applications, file oppositions; file cancellations total or partially waive registrations, to pay all installments and effect all other payments prescribed by law; to receive proper receipts, to comply with all other requirements and, in short, to take all those measures which they may deem fit for the protection of our interests; and in case of opposition, where the proceedings be passed over to the courts, we authorize said agents to act on our behalf, as complainants as well as defendants, before the competent judges, with full powers to make arrangements, to submit to arbitrators, to desist, to collect, to appeal and, in short, with all such further powers as may be required, and we hereby declare from now on that said representatives and/or the agents by any one of them appointed may do for our benefit.

We also authorize doctors **ALICIA LLOREDA and/or GUSTAVO TAMAYO and/or IGNACIO SANTAMARIA and/or ENRIQUE ALVAREZ**, to apply for protocolization of this document and of any power of attorney by any one of them conferred in our name, before the Office of Industrial Property.

Given and signed this 18 day of August, 2004


Gary D. LAWSON, Assistant Secretary

NOTARIAL CERTIFICATE (CORPORATION)

United States of America

State of Texas (ss

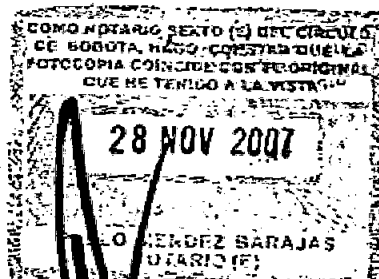
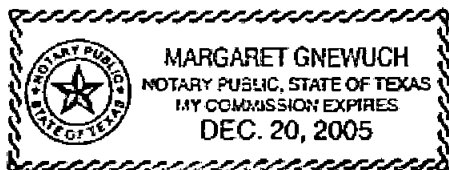
County of Harris

On this 18th day of August, 2004, personally came Gary D. LAWSON,

to me known, and known to me to be the person who signed the foregoing instrument, who being by me duly sworn did depose and say that he is the Assistant Secretary of EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY, the company named within, a Corporation organized and existing under the laws of the State of Delaware, United States of America, domiciled at the City of Houston, County of Harris, State of Texas, United States of America and legally constituted for a period of tenure not yet expired, which exercises its corporate purposes according to the laws of the State of Delaware, United States of America; that the deponent is authorized by said Company to confer this power of attorney; that the seal affixed hereunto by the deponent in the name and on behalf of said Corporation is the corporate seal thereof; and that the purpose for which this instrument is granted is included within the corporate purposes of the Company.

The undersigned Notary Public has seen the articles of Incorporation of said Corporation executed at Wilmington, State of Delaware, under date of November 12, 1964, and hereby certifies that under the laws of said State the foregoing acknowledgment is sufficient proof that the facts therein contained are true, which she attests.

Margaret Gnewuch



 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA		SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION PCT	
(21) N° de solicitud:		(51) Int Cl: F25J 1/00	
(22) Fecha de solicitud: 23-01-08		(71) Solicitante(s): EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY	
(30) Prioridad	(31) No. Prioridad	(32) Fecha	(33) País
	60/706,798	09-08-05	US
	60/795,101	26-04-06	US
		(72) Inventor(es): MINTA, Moses; STANLEY, Kevin, N.; STONE, John, B.; BOWEN, Ronald, R. y COTE, Linda, J.	
		(74) Apoderado: ALICIA LLOREDA RICAURTE	
(85) Fecha límite inicio fase nacional: 09-03-08		(87) Publicación internacional	
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT		Fecha: 22-02-07	
Fecha de presentación de la solicitud: 24-05-06		N° publicación: WO 2007/021351 A1	
No. de solicitud: PCT/US2006/020121			
(54) Titulo: PROCESO DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL PARA GNL			

Resumen - Reivindicación(es):

Reivindicación número 1.-

Un proceso para licuar una corriente de gas rico en metano, comprendiendo dicho proceso:

proveer dicha corriente de gas a una presión menor a 6793.4 kPa (1.000 psia);

proveer un refrigerante a una presión de menos de 6793.4 kPa (1.000 psia);

comprimir dicho refrigerante a una presión mayor o igual a 10240.8 kPa (1500 psia) para proveer un refrigerante comprimido;

enfriar dicho refrigerante comprimido mediante intercambio indirecto de calor con un fluido enfriador;

expandir dicho refrigerante comprimido para enfriar adicionalmente dicho refrigerante comprimido, produciendo de esta manera un refrigerante expandido, enfriado; y

pasar dicho refrigerante expandido, enfriado a un área de intercambio de calor; y

pasar dicha corriente de gas a través de dicha área de intercambio de calor para enfriar al menos una parte de dicha corriente de gas mediante intercambio indirecto de calor con dicho refrigerante expandido, enfriado, formando de esta manera una corriente de gas enfriada.

TRATADO DE COOPERACIÓN DE PATENTES
PCT
REPORTE DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

(PCT Artículo 18 y Reglas 43 y 44)

Registro de referencia del solicitante o agente 2005UR027/2	PARA FUTURAS ACCIONES	ver Forma PCT/ISA/220 así como, donde aplique, el ítem 5 a continuación.
Solicitud internacional No. PCT/US06/20121	Fecha de registro internacional (día/mes/año) 24 de Mayo de 2006 (24.05.2006)	Fecha de Prioridad (Primera) (día/mes/año) 9 de Agosto de 2005 (09.08.2005)
Solicitante EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY		

Este reporte de búsqueda internacional ha sido preparado por esta Autoridad de Búsqueda Internacional y es transmitido al solicitante según el Artículo 18. Una copia será transmitida a la Oficina Internacional.

Este reporte de búsqueda internacional consta de un total de 3 hojas.

☒ También está acompañado de una copia de cada documento técnico anterior citado en este reporte.

1. Bases del Reporte

a. Respecto al lenguaje, la búsqueda internacional se llevó a cabo con base en:

☒ la solicitud internacional en el lenguaje en el cual se presentó

☐ una traducción de la solicitud internacional en _____, la cual es el lenguaje de una traducción suministrada para los propósitos de búsqueda internacional (Reglas 12.3(a) y 23.1(b))

b. ☐ Respecto a una secuencia de ácido nucleótido y/o amino revelado en la solicitud internacional, ver Casilla No. I.

2. ☐ Ciertas reivindicaciones no pudieron localizarse (Ver Casilla No. II)

3. ☐ Falta unidad de invención (Ver Casilla No. III)

4. Respecto al título,

☒ El texto es aprobado según lo presenta el solicitante.

☐ Esta Autoridad ha establecido que el texto se lea así:

5. Respecto al resumen,

☒ El texto es aprobado según lo presenta el solicitante.

☐ Esta Autoridad ha establecido el texto de acuerdo con la Regla 38.2(b), según aparece en la Casilla No. IV. El solicitante puede, un mes después de la fecha de haber enviado por correo este reporte de búsqueda internacional, presentar comentarios a esta Autoridad.

6. Respecto a los dibujos,

a. La figura de los dibujos que se publicará con el resumen es la Figura No. 1

☒ como lo sugirió el solicitante.

☐ como lo seleccionó esta Autoridad, porque el solicitante no sugirió una figura.

☐ como lo seleccionó esta Autoridad, porque esta figura caracteriza mejor a la invención.

b. ☐ ninguna de las figuras es para ser publicada con el resumen.

11

1

REPORTE DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud Internacional No.
PCT/US06/20121

A. CLASIFICACION DE MATERIA OBJETO
IPC: F25J 1/00 (2006.01)

USPC: 62/612, 613
Según la Clasificación de Patente Internacional (IPC) o según la clasificación nacional y la IPC

B. CAMPOS BUSCADOS

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de símbolos de clasificación)
U.S.: 62/612, 613, 611

Documentación buscada fuera de documentación mínima hasta donde dichos documentos se incluyan en los campos buscados
Ninguno

Base de datos electrónica consultada durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, donde sea práctico, buscar términos usados)
Ninguno

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría °	Citación de documento, con indicación, donde sea apropiado, de los textos relevantes	Relevante a la reivindicación No.
T	US 2005/0247078 A1(WILKINSON y col) 10 de Noviembre de 2005 (10.11.2005), ver documento completo.	1-22
A	US 6,763,680 B2 (FISCHER y col) 20 de Julio de 2004 (20.07.2004), ver documento completo.	1-22
A	US 6,722,157 B1 (EATON y col) 20 de Abril de 2004 (20.04.2004), ver documento completo.	1-22
A	US 2004/0255,616 A1 (MAUNDER y col) 23 de Diciembre de 2004 (23.12.2004), ver documento completo.	1-22
A	US 6,694,774 B1 (RASHAD y col) 24 de Febrero de 2004 (24.02.2004), ver documento completo.	1-22
A	US 6,308,531 B1 (ROBERTS y col) 30 de Octubre de 2001 (30.10.2001), ver documento completo.	1-22

☒ En el recuadro C se enumeran más documentos.

☐ En el anexo se enumeran miembros de la familia de patentes.

° Categorías especiales de documentos citados:

'A' documento que define el estado general de la técnica el cual no se considera de relevancia particular

'E' documento anterior pero publicado en o después de la fecha de presentación internacional

'L' documento que puede arrojar dudas sobre reivindicaciones de prioridad o que se cita para establecer la fecha de publicación de otra citación u otra razón especial (según se especifica)

'O' documento que se refiere a una revelación oral, uso, exhibición u otros medios

'P' documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero después de la fecha de prioridad reivindicada

'T' documento posterior publicado después de la fecha de presentación internacional o fecha de prioridad y que no está en conflicto con la solicitud pero citado para entender el principio o teoría que sustenta la invención

'X' documento de relevancia particular; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o no puede considerarse que comprende un paso inventivo cuando el documento se toma solo

'Y' documento de relevancia particular; la invención reivindicada no puede considerarse que comprende un paso inventivo cuando el documento se combina con uno o más documentos, siendo dicha combinación obvia para una persona experta en la técnica

'&' documento miembro de la misma familia de patentes

Fecha de la terminación real de la búsqueda internacional

Fecha de envío por correo del reporte de búsqueda internacional

8 de Septiembre de 2006 (08.09.2006)

29 DE NOVIEMBRE DE 2006

Nombre y dirección de correo de la ISA/US
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Comisionado para Patentes
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. (571) 273-3201

Funcionario autorizado
William C. Doerfler
Teléfono No. (571) 272-3750

C. (Continuación) DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría °	Citación de documento, con indicación, donde sea apropiado, de los textos relevantes	Relevante a la reivindicación No.
A	US 4,740,223 A (GATES) 26 de Abril de 1988 (26.04.1988), ver documento completo.	1-22
A	US 5,036,671 A (NELSON y col) 6 de Agosto de 1991 (06.08.1991), ver documento completo.	1-22

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference 2005UR027/2	FOR FURTHER ACTION see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. PCT/US06/20121	International filing date (day/month/year) 24 May 2006 (24.05.2006)	(Earliest) Priority Date (day/month/year) 09 August 2005 (09.08.2005)
Applicant EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY		

This international search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 3 sheets.



It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the Report

- a. With regard to the language, the international search was carried out on the basis of:



the international application in the language in which it was filed.



a translation of the international application into _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b))

- b. ☐ With regard to any nucleotide and/or amino acid-sequence disclosed in the international application, see Box No. I.

2. ☐ Certain claims were found unsearchable (See Box No. II)

3. ☐ Unity of invention is lacking (See Box No. III)

4. With regard to the title,



the text is approved as submitted by the applicant.



the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the abstract,



the text is approved as submitted by the applicant.



the text has been established, according to Rule 38.2(b), by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. With regard to the drawings,

- a. the figure of the drawings to be published with the abstract is Figure No. 1



as suggested by the applicant.



as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure.



as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention.

- b. ☐ none of the figures is to be published with the abstract.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US06/20121

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC: F25J 1/00(2006.01)

USPC: 62/612,613

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 62/612,613,611

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

None

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

None

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
T	US 2005/0247078 A1 (WILKINSON et al) 10 November 2005 (10.11.2005), see entire document.	1-22
A	US 6,763,680 B2 (FISCHER et al) 20 July 2004 (20.07.2004), see entire document.	1-22
A	US 6,722,157 B1 (EATON et al) 20 April 2004 (20.04.2004), see entire document.	1-22
A	US 2004/0255,616 A1 (MAUNDER et al) 23 December 2004 (23.12.2004), see entire document.	1-22
A	US 6,694,774 B1 (RASHAD et al) 24 February 2004 (24.02.2004), see entire document.	1-22
A	US 6,305,531 B1 (ROBERTS et al) 30 October 2001(30.10.2001), see entire document.	1-22



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 September 2006 (08.09.2006)

Date of mailing of the international search report

29 NOV 2006

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. (571) 273-3201

Authorized officer

William C. Doerner

Telephone No. (571) 272-3750

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4,740,223 A (GATES) 26 April 1988 (26.04.1988), see entire document.	1-22
A	US 5,036,671 A (NELSON et al) 06 August 1991 (06.08.1991), see entire document.	1-22

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA SEGÚN EL TRATADO DE COOPERACION DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de Propiedad Intelectual
Oficina Internacional



(43) Fecha de Publicación Internacional
22 de Febrero de 2007 (22.02.2007)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2007/021351 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
F25J 1/00 (2006.01)

(74) Agentes: MALPASS, JR., Gerald, D. y col.; ExxonMobil Upstream Research Company, P.O. BOX 2189, CORP-URC-SW348, Houston, TX 77252-2189 (US).

(21) Número de Solicitud Internacional: PCT/US2006/020121

(22) Fecha de Registro Internacional:
24 de Mayo de 2006 (24.05.2006)

(25) Idioma de registro: Inglés

(26) Idioma de Publicación: Inglés

(30) Información de Prioridad:
60/706,798 9 de Agosto de 2005 (09.08.2005) US
60/795,101 26 de Abril de 2006 (26.04.2006) US

(71) Solicitante (para todos los Estados designados excepto Estados Unidos de América): EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY [US/US]; P.O. BOX 2189, CORP-URC-SW348, Houston, TX 77252-2189 (US).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para Estados Unidos de América solamente): MINTA, Moses [US/US]; 39 Sterling Street, Sugar Land, TX 77479 (US). STANLEY, Kevin, N. [US/US]; 127 Chandler Court, Sugar Land, TX 77479 (US). STONE, John, B. [US/US]; 1915 Pleasant Creek, Kingwood, TX 77345 (US). BOWEN, Ronald, R. [US/US]; 37602 Pinwood Court, Magnolia, TX 77354 (US). COTE, Linda, J. [US/US]; 903 Quiet Water Court, Sugar Land, TX 77479 (US).

(81) Estados Designados (a menos que sea indicado de otra manera, para cada tipo de protección nacional disponible): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

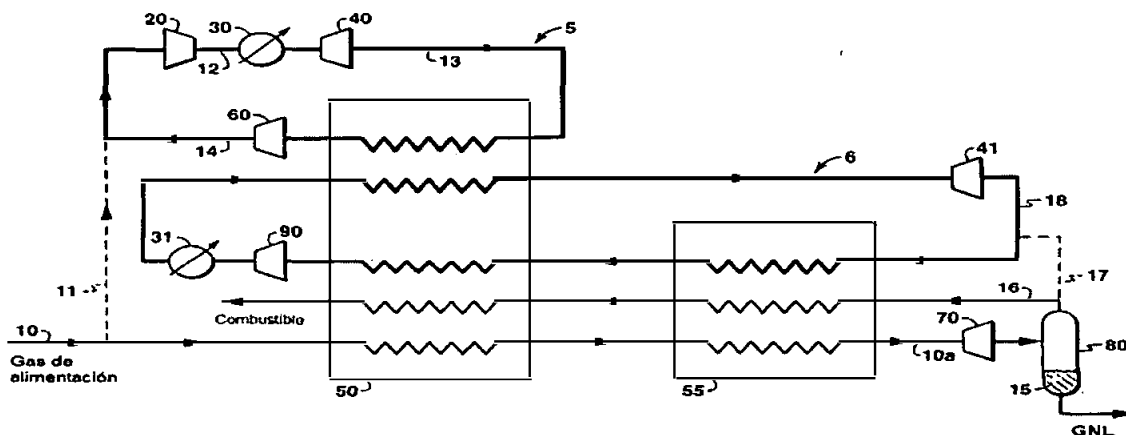
(84) Estados Designados (a menos que sea indicado de otra manera, para cada tipo de protección regional disponible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), Europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— con reporte de búsqueda internacional

Para los códigos de dos letras y otras abreviaturas, refiérase a "Las Notas Guías sobre Códigos y Abreviaturas" que aparecen al comienzo de cada emisión regular de la Gaceta PCT.

(54) Título: PROCESO DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL PARA GNL



(57) Resumen: Realizaciones de esta invención se relacionan con un proceso para la licuefacción de gas natural y otras corrientes de gas rico en metano, y más particularmente a un proceso para producir natural gas licuado (GNL). En un primer paso del proceso, una primera fracción del gas de alimentación se retira, se comprime a una presión mayor o igual a $1,024 \times 10^4$ kPa (1500 psia), se enfría y se expande a una presión menor para enfriar la primera fracción removida. La fracción remanente de la corriente de alimentación se enfría mediante intercambio indirecto de calor con la primera fracción expandida en un primer proceso de intercambio de calor. En un segundo paso, una corriente separada que comprende vapor flash se comprime, se enfría y se expande a una presión menor proporcionando otra corriente fría. Esta corriente fría se usa para enfriar la corriente remanente de gas de alimentación en un segundo proceso de intercambio indirecto de calor. La corriente expandida que sale del segundo proceso de intercambio de calor se usa para enfriamiento suplementario en el primer paso de intercambio indirecto de calor. El gas de alimentación remanente es subsiguientemente expandido a una presión menor, licuando parcialmente de esta manera esta corriente de gas de alimentación. La fracción licuada de esta corriente se retira del proceso como GNL que tiene una temperatura correspondiente a la presión del punto de burbuja.

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
22 February 2007 (22.02.2007)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2007/021351 A1

(51) International Patent Classification:
F25J 1/00 (2006.01)

[US/US]; 903 Quiet Water Court, Sugar Land, TX 77479 (US).

(21) International Application Number:
PCT/US2006/020121

(74) Agents: MALPASS, JR., Gerald, D. et al.; ExxonMobil Upstream Research Company, P.O. BOX 2189, CORP-URC-SW348, Houston, TX 77252-2189 (US).

(22) International Filing Date: 24 May 2006 (24.05.2006)

(25) Filing Language: English

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/706,798 9 August 2005 (09.08.2005) US
60/795,101 26 April 2006 (26.04.2006) US

(71) Applicant (for all designated States except US): EXXON-MOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY [US/US]; P.O. BOX 2189, CORP-URC-SW348, Houston, TX 77252-2189 (US).

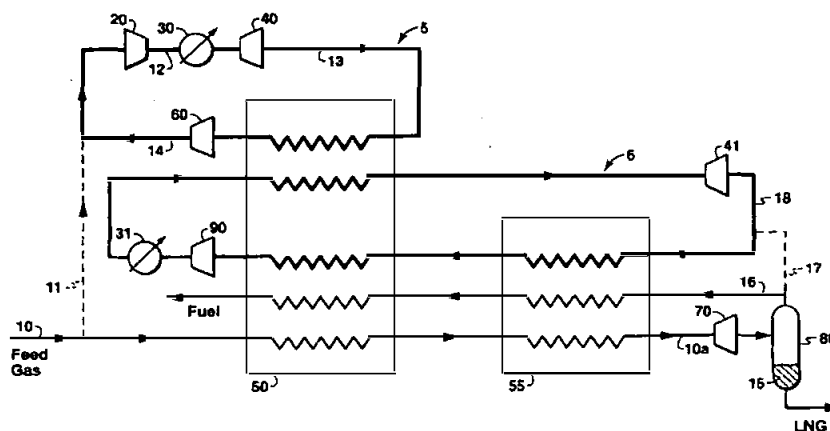
(72) Inventors; and

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(75) Inventors/Applicants (for US only): MINTA, Moses [US/US]; 39 Sterling Street, Sugar Land, TX 77479 (US). STANLEY, Kevin, N. [US/US]; 127 Chandler Court, Sugar Land, TX 77479 (US). STONE, John, B. [US/US]; 1915 Pleasant Creek, Kingwood, TX 77345 (US). BOWEN, Ronald, R. [US/US]; 37602 Pinwood Court, Magnolia, TX 77354 (US). COTE, Linda, J.

[Continued on next page]

(54) Title: NATURAL GAS LIQUEFACTION PROCESS FOR LNG



(57) Abstract: Embodiments of this invention relate to a process for liquefaction of natural gas and other methane-rich gas streams, and more particularly to a process for producing liquefied natural gas (LNG). In a first step of the process, a first fraction of the feed gas is withdrawn, compressed to a pressure greater than or equal to 1500 psia, cooled and expanded to a lower pressure to cool the withdrawn first fraction. The remaining fraction of the feed stream is cooled by indirect heat exchange with the expanded first fraction in a first heat exchange process. In a second step a separate stream comprising flash vapor is compressed, cooled and expanded to a lower pressure providing another cold stream. This cold stream is used to cool the remaining feed gas stream in a second indirect heat exchange process. The expanded stream exiting from the second heat exchange process is used for supplemental cooling in the first indirect heat exchange step. The remaining feed gas is subsequently expanded to a lower pressure, thereby partially liquefying this feed gas stream. The liquefied fraction of this stream is withdrawn from the process as LNG having a temperature corresponding to the bubble point pressure.

WO 2007/021351 A1

— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

TRATADO DE COOPERACIÓN DE PATENTES

De la
AUTORIDAD DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Para:
GERALD D. MALPASS, JR.
EXXONMOBIL UPSTREAM
RESEARCH COMPANY
P.O. BOX 2189
CORP-URC-SW348
HOUSTON, TX 77252-2189

PCT

OPINIÓN ESCRITA DE LA AUTORIDAD DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

(PCT Regla 43bis.1)

Fecha de correo
(día/mes/año) 29 DE NOVIEMBRE DE 2006

Registro de referencia del solicitante o agente
2005UR027/2

PARA FUTURAS ACCIONES
Ver párrafo 2 a continuación

Solicitud Internacional No.
PCT/US06/20121

Fecha de registro internacional
(día/mes/año)
24 de Mayo de 2006 (24.05.2006)

Fecha de prioridad
(día/mes/año)
9 de Agosto de 2005 (09.08.2005)

Clasificación Internacional de Patentes (IPC) o clasificación nacional e IPC
IPC: F25J 1/00 (2006.01)
USPC: 62/612, 613

Solicitante
EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

1. Esta opinión contiene indicaciones relacionadas con los siguientes ítems:

- | | | |
|-------------------------------------|------------------|--|
| ☒ | Casilla No. I | Bases de la opinión |
| ☐ | Casilla No. II | Prioridad |
| ☐ | Casilla No. III | No establecimiento de opinión respecto a novedad, nivel inventivo y aplicabilidad industrial |
| ☐ | Casilla No. IV | Falta de unidad de invención |
| ☒ | Casilla No. V | Afirmación razonada de conformidad con la Regla 43bis.1(a)(i) con respecto a novedad, nivel inventivo o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que sustentan dicha afirmación |
| ☐ | Casilla No. VI | Ciertos documentos citados |
| ☐ | Casilla No. VII | Ciertos defectos en la solicitud internacional |
| ☐ | Casilla No. VIII | Ciertas observaciones sobre la solicitud internacional |

2. ACCIONES FUTURAS

Si se hace una demanda para examen preliminar internacional, esta opinión generalmente será considerada como una opinión escrita de la Autoridad Examinadora Preliminar ("IPEA"). Sin embargo, esto no aplica cuando el solicitante escoge una Autoridad diferente a ésta para que sea la IPEA y la IPEA escogida le ha notificado a la Oficina Internacional de conformidad con la Regla 66.1bis(b) que no se considerarán las opiniones escritas de esta Autoridad de Búsqueda Internacional.

Si esta opinión es, según se estipula anteriormente, considerada una opinión escrita de la IPEA, se invita al solicitante a presentar ante la IPEA una respuesta escrita junto, cuando sea apropiado, con modificaciones, antes de la fecha de expiración de tres meses desde la fecha de envío por correo de la Forma PCT/ISA/220 o antes de la fecha de expiración de 22 meses desde la fecha de prioridad, la que expire más tarde.

Para opciones futuras, ver la Forma PCT/ISA/220.

3. Para detalles adicionales, ver las notas a la Forma PCT/ISA/220.

Nombre y dirección de correo de la ISA/US
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Comisionado para Patentes
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. (571) 273-3201

Fecha de terminación de esta opinión
8 de Septiembre de 2006 (08.09.2006)

Funcionario Autorizado
William C. Doerrler
Teléfono No. (571) 272-3750

OPINIÓN ESCRITA DE LA
AUTORIDAD DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud Internacional No.
PCT/US06/20121

Casilla No. I. Bases de la opinión

1. Respecto al idioma, esta opinión ha sido establecida con base en:
☒ la solicitud internacional en el idioma en el cual se presentó
☐ una traducción de la solicitud internacional en _____, el cual es el idioma de una traducción proporcionada para los propósitos de búsqueda internacional (Reglas 12.3(a) y 23.1(b)).
2. Respecto a cualquier nucleótido y/o secuencia aminoácida revelada en la solicitud internacional y necesaria para la invención reivindicada, esta opinión se ha establecido según:
 - a. tipo de material:
☐ un listado de secuencia
☐ tabla(s) relacionada con el listado de secuencia
 - b. formato de material:
☐ en formato escrito
☐ en formato legible por computador
 - c. tiempo de presentación/suministro:
☐ contenido en la solicitud internacional según se registró.
☐ registrada junto con la solicitud internacional en formato legible por computador.
☐ proporcionada subsiguientemente a esta Autoridad para la búsqueda..
3. ☐ Además, en el caso en que más de una versión o copia de un listado de secuencia y/o tabla relacionada con ello se haya registrado o proporcionado, las declaraciones requeridas de que la información en las copias subsiguientes o adicionales es idéntica a aquella en la solicitud según se presentó o no va más allá de la solicitud según se registró, según lo apropiado, fueron suministradas.
4. Comentarios adicionales:

OPINIÓN ESCRITA DE LA
AUTORIDAD DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud Internacional No.
PCT/US06/20121

Casilla No. V Afirmación razonada bajo la Regla 43bis.1(a)(i) respecto a novedad, nivel inventivo o aplicabilidad industrial; citas y explicaciones que sustentan dicha afirmación

1. Declaración

Novedad (N)	Reivindicaciones	<u>1-22</u>	SI
	Reivindicaciones	<u>NINGUNA</u>	NO
Nivel Inventivo (IS)	Reivindicaciones	<u>1-22</u>	SI
	Reivindicaciones	<u>NINGUNA</u>	NO
Aplicabilidad Industrial (IA)	Reivindicaciones	<u>1-22</u>	SI
	Reivindicaciones	<u>NINGUNA</u>	NO

2. Citaciones y explicaciones:

Las reivindicaciones 1-22 están de acuerdo con el criterio fijado en el PCT Artículos 33(2)-(3), por que el arte próximo no enseña o específicamente sugiere un proceso para la licuefacción de una corriente de gas donde dicha corriente de gas entra a menos de 1000 psi y el refrigerante se comprime a una presión mayor o igual a 1500 psi. Gates (US 4,740,223) comprime el refrigerante a 90 atmósferas (1322psi) y es la presión más alta para un refrigerante encontrada en un ciclo similar de refrigeración.

Las reivindicaciones 1-22 están de acuerdo con el criterio en el PCT Artículo 33(4), y así posee aplicabilidad industrial porque la materia reivindicada puede ser hecha o usada en la industria.

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To:
GERALD D. MALPASS, JR.
EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY
P.O. BOX 2189
CORP-URC-SW348
HOUSTON, TX 77252-2189

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

Applicant's or agent's file reference 2005UR027/2		Date of mailing (day/month/year) 29 NOV 2006
FOR FURTHER ACTION See paragraph 2 below		
International application No. PCT/US06/20121	International filing date (day/month/year) 24 May 2006 (24.05.2006)	Priority date (day/month/year) 09 August 2005 (09.08.2005)
International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC IPC: F25J 1/00(2006.01) USPC: 62/612,613		
Applicant EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY		

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

3. For further details, see notes to Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/ US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201	Date of completion of this opinion 08 September 2006 (08.09.2006)	Authorized officer William C. Doerner Telephone No. (571) 272-3750
--	--	--

Form PCT/ISA/237 (cover sheet) (April 2005)

23

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US06/20121

Box No. I Basis of this opinion

1. With regard to the language, this opinion has been established on the basis of:

- ☒ the international application in the language in which it was filed
- ☐ a translation of the international application into _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).

2. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application and necessary to the claimed invention, this opinion has been established on the basis of:

a. type of material

- ☐ a sequence listing
- ☐ table(s) related to the sequence listing

b. format of material

- ☐ on paper
- ☐ in electronic form

c. time of filing/furnishing

- ☐ contained in the international application as filed.
- ☐ filed together with the international application in electronic form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority for the purposes of search.

3. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing and/or table(s) relating thereto has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.

4. Additional comments:

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.
PCT/US06/20121

Box No. V Reasoned statement under Rule 43 bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims <u>1-22</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO
Inventive step (IS)	Claims <u>1-22</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO
Industrial applicability (IA)	Claims <u>1-22</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO

2. Citations and explanations:

Claims 1-22 meet the criteria set out in PCT Article 33(2)-(3), because the prior art does not teach or fairly suggest a process for liquefying a gas stream where the gas stream enters at less than 1000 psi and the refrigerant is compressed to a pressure greater or equal to 1500 psi. Gates (US 4,740,223) compresses the refrigerant to 90 atmospheres (1322 psi) and is the highest pressure for a refrigerant found in a similar refrigeration cycle.

Claims 1-22 meet the criteria set out in PCT Article 33(4), and thus possess industrial applicability because the subject matter claimed can be made or used in industry.

PROCESO DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL PARA GNL

RESUMEN – OBJETO Y FINALIDAD DE LA INVENCION

Realizaciones de esta invención se relacionan con un proceso para la licuefacción de gas natural y otras corrientes de gas rico en metano, y más particularmente a un proceso para producir natural gas licuado (GNL). En un primer paso del proceso, una primera fracción del gas de alimentación se retira, se comprime a una presión mayor o igual a $1,024 \times 10^4$ kPa (1500 psia), se enfría y se expande a una presión menor para enfriar la primera fracción removida. La fracción remanente de la corriente de alimentación se enfría mediante intercambio indirecto de calor con la primera fracción expandida en un primer proceso de intercambio de calor. En un segundo paso, una corriente separada que comprende vapor flash se comprime, se enfría y se expande a una presión menor proporcionando otra corriente fría. Esta corriente fría se usa para enfriar la corriente remanente de gas de alimentación en un segundo proceso de intercambio indirecto de calor. La corriente expandida que sale del segundo proceso de intercambio de calor se usa para enfriamiento suplementario en el primer paso de intercambio indirecto de calor. El gas de alimentación remanente es subsiguientemente expandido a una presión menor, licuando parcialmente de esta manera esta corriente de gas de alimentación. La fracción licuada de esta corriente se retira del proceso como GNL que tiene una temperatura correspondiente a la presión del punto de burbuja.

PROCESO DE LICUEFACCIÓN DE GAS NATURAL PARA GNL

REFERENCIA CRUZADA A APLICACIONES RELACIONADAS

[0001] Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Provisional US No. 60/706,798, presentada el 9 de Agosto de 2005, y la Solicitud Provisional US No. 60/795,101, presentada en Abril 26 de 2006.

CAMPO TÉCNICO

[0002] Las realizaciones de la invención se relacionan con un proceso para la licuefacción de gas natural y otras corrientes de gas ricas en metano, y más particularmente con un proceso para producir gas natural licuado (GNL).

ANTECEDENTES

[0003] Debido a sus cualidades de quemado limpio y conveniencia, el gas natural se ha vuelto de amplio uso en los últimos años. Muchas fuentes de gas natural se encuentran localizadas en áreas remotas, a grandes distancias de cualquier mercado comercial del gas. En ocasiones, una tubería está disponible para transportar el gas natural producido hasta un mercado comercial. Cuando el transporte en tubería no es factible, el gas natural producido con frecuencia se procesa hasta gas natural licuado (el cual se denomina "GNL") para ser transportado al mercado.

[0004] En el diseño de una planta GNL, una de las consideraciones más importantes es el proceso para convertir la corriente de alimentación de gas natural en GNL. Actualmente, los procesos de licuefacción más comunes utilizan alguna forma de sistema de refrigeración. Aunque se han usado muchos ciclos de refrigeración para licuar gas natural, los tres tipos mas comúnmente usados en plantas de GNL hoy son: (1) el "ciclo cascada", que utiliza múltiples refrigerantes de componente sencillo en intercambiadores de calor dispuestos progresivamente para reducir la temperatura del gas a la temperatura de licuefacción; (2) el "ciclo de refrigeración multi-componente", que usa un refrigerante de componente múltiple en intercambiadores especialmente diseñados; y (3) el "ciclo expensor", que expande el gas desde la presión del gas de alimentación a una presión baja con una correspondiente reducción en la temperatura. La mayoría de los ciclos de licuefacción de gas natural utilizan variaciones o combinaciones de estos tres tipos básicos.

[0005] Los refrigerantes utilizados pueden ser una mezcla de componentes tales como metano, etano, propano, butano, y nitrógeno en ciclos de refrigeración de componente múltiple. Los refrigerantes también pueden ser sustancias puras tales como propano, etileno, o nitrógeno en "ciclos cascada". Se requieren volúmenes sustanciales de estos refrigerantes con un control cercano de composición. Adicionalmente, puede ser que dichas refrigerantes deban importarse y almacenarse imponiendo requerimientos de logística. De manera alternativa, algunos de los componentes del refrigerante deben ser preparados de manera típica mediante un proceso de destilación integrado con el proceso de licuefacción.

[0006] El uso de expansores de gas para proveer el enfriamiento del gas de alimentación eliminando o reduciendo de esta manera los problemas logísticos del manejo de refrigerantes, ha sido de interés para los ingenieros de proceso. El sistema expensor opera sobre el principio de que se puede permitir que el gas de alimentación se expanda a través de una turbina de expansión, con lo cual realiza un trabajo y se reduce la temperatura del gas. El gas de baja temperatura posteriormente intercambia calor con el gas de alimentación para proveer la refrigeración necesaria. La refrigeración suplementaria es necesaria típicamente para licuar completamente el gas de alimentación, y ésta se puede proveer mediante un sistema refrigerante. La potencia obtenida de la expansión se utiliza usualmente para suplir parte de la potencia de compresión principal utilizada en el ciclo de refrigeración. El ciclo expensor típico para hacer GNL opera a la presión del gas de alimentación, típicamente por debajo de alrededor de 6.895 kPa (1,000 psia).

[0007] Los ciclos expansores previamente propuestos han sido todos menos eficientes termodinámicamente, sin embargo, que los actuales ciclos de licuefacción de gas natural basados en sistemas refrigerantes. Por lo tanto, los ciclos expansores no han ofrecido ninguna ventaja instalada de costo hasta la fecha, y los ciclos de licuefacción que involucran refrigerantes aún son la opción preferida para la licuefacción de gas natural.

[0008] Dado que los ciclos expansores resultan en una alta velocidad de flujo de la corriente de gas de reciclaje y alta ineficiencia para la etapa de pre-enfriamiento (tibio), los expansores de gas han sido usados típicamente para enfriar posteriormente el gas de alimentación después de que ha sido pre-enfriado

a temperaturas bastante por debajo de -20°C usando un refrigerante externo en un ciclo cerrado, por ejemplo. Por consiguiente, un factor común en la mayoría de los ciclos expansores propuestos es el requerimiento de un segundo ciclo, externo, de refrigeración para pre-enfriar al gas antes de que el gas entre al expansor. A dicha combinación de ciclo externo de refrigeración y ciclo expansor se hace referencia en ocasiones como "ciclo híbrido". Dado que dicho pre-enfriamiento basado en refrigerantes elimina una fuente mayoritaria de ineficiencia en el uso de expansores, reduce significativamente los beneficios del ciclo expansor, a saber, la eliminación de refrigerantes externos. También puede requerirse enfriamiento adicional después del enfriamiento de expansor y se puede proveer mediante otro sistema refrigerante externo, tal como nitrógeno o un refrigerante mixto frío.

[0009] De acuerdo con esto, todavía hay una necesidad de un ciclo expansor que elimine la necesidad de refrigerantes externos y que tenga eficiencia mejorada, al menos comparable con aquella de las tecnologías en uso actualmente.

RESUMEN

[0010] Las realizaciones de la presente invención proveen un proceso para licuar gas natural y otras corrientes de gas rico en metano para producir gas natural licuado (GNL) y/o otros gases ricos en metano licuados. El término gas natural como se utiliza en esta descripción, incluyendo las reivindicaciones anexas, significa una reserva de alimentación gaseosa adecuada para fabricar GNL. El gas natural puede comprender gas obtenido a partir de un pozo de petróleo (gas asociado) o a partir de un pozo de gas (gas no asociado). La composición del gas natural puede variar significativamente. Como se usa aquí, el gas natural es un gas rico en metano que contiene metano (C_1) como componente principal.

[0011] En una o más realizaciones dadas aquí del método para producir GNL, se lleva a cabo un primer paso en el cual una primera fracción del gas de alimentación se retira, se comprime, se enfría y se expande a una presión menor para enfriar la primera fracción retirada. La fracción remanente de la corriente de alimentación se enfría mediante intercambio indirecto de calor con la primera fracción expandida en un primer proceso de intercambio de calor. En un segundo paso, que involucra un circuito de sub-enfriamiento, una corriente separada que

comprende el vapor flash se comprime, se enfría y se expande a una presión menor proporcionando otra corriente fría. Esta corriente fría se usa para enfriar la corriente remanente de gas de alimentación en un segundo proceso de intercambio indirecto de calor, que constituye el proceso de intercambio de calor de sub-enfriamiento. La corriente expandida que sale del segundo proceso de intercambio de calor se usa para enfriamiento suplementario en el primer paso de intercambio indirecto de calor. El gas de alimentación remanente es subsiguientemente expandido a una presión menor, licuando de esta manera parcialmente esta corriente de gas de alimentación. La fracción licuada de esta corriente se retira del proceso como GNL que tiene una temperatura correspondiente a la presión del punto de burbuja. La fracción de vapor de esta corriente se regresa para suplementar el enfriamiento que se provee en los pasos de intercambio indirecto de calor. Los gases de enfriamiento tibios de las diferentes fuentes se comprimen y se reciclan.

[0012] En una o más realizaciones de acuerdo con la presente invención, se provee un proceso para licuar una corriente de gas rico en metano, comprendiendo dicho proceso proveer una corriente de gas rico en metano a una presión de menos de 6793.4 kPa (1000 psia); proveer un refrigerante a una presión de menos de 6793.4 kPa (1000 psia); comprimir dicho refrigerante a una presión mayor o igual a 10240.8 kPa (1500 psia) para proveer un refrigerante comprimido; enfriar dicho refrigerante comprimido mediante intercambio indirecto de calor con un fluido enfriador; expandir dicho refrigerante comprimido para enfriar adicionalmente dicho refrigerante comprimido, produciendo de esta manera un refrigerante enfriado, expandido; pasar dicho refrigerante enfriado, expandido a un área de intercambio de calor; y pasar dicha corriente de gas a través de dicha área de intercambio de calor para enfriar al menos parte de dicha corriente de gas mediante intercambio indirecto de calor con dicho refrigerante enfriado, expandido, formando de esta manera una corriente de gas enfriada. En una u otras más realizaciones específicas, proveer el refrigerante a una presión de menos de 6793,4 kPa (1000 psia) comprende retirar una porción del gas para su uso como el refrigerante. En otras realizaciones, la porción de la corriente de gas a ser usada como el refrigerante se retira de la corriente de gas antes que la corriente de gas pase al área de intercambio de calor. Incluso en otras realizaciones, el proceso de acuerdo con la presente invención comprende adicionalmente proveer al menos una porción del trabajo de refrigeración para el área de intercambio de calor usando un circuito cerrado cargado con vapor flash

[0020] La FIG. 8 es otra realización que muestra una disposición alternativa del circuito de sub-enfriamiento.

[0021] La FIG. 9 es una realización similar a aquella de la FIG.8 pero que usa corrientes expandidas divididas a través del sub-enfriador en donde una válvula de expansión, válvula Joules- Thompson, o un dispositivo de expansión similar es utilizado para la eficiencia mejorada en el sub-enfriador.

[0022] La FIG. 10 es otra realización en la cual se ha integrado una etapa de rechazo de nitrógeno para las situaciones en las cuales pueda necesitarse el rechazo de nitrógeno.

[0023] La FIG. 11 es todavía otra realización en donde el refrigerante para el circuito de sub-enfriamiento se deriva del vapor flash desde la unidad de rechazo de nitrógeno y por lo tanto es rico en contenido de nitrógeno.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0024] Las realizaciones de la presente invención proveen un proceso para la licuefacción de gas natural usando principalmente expansores de gas y eliminando la necesidad de refrigerantes externos. Esto es, en algunas realizaciones aquí reveladas, el gas de alimentación mismo (e.g., gas natural) es utilizado como el refrigerante en todos los ciclos de refrigeración. Dichos ciclos de refrigeración no requieren enfriamiento suplementario usando refrigerantes externos (i.e., refrigerantes diferentes al gas de alimentación mismo o al gas que se produce en o cerca de la planta de proceso de GNL) como lo hacen los ciclos expansores de gas típicos propuestos, teniendo incluso dichos ciclos de refrigeración una mayor eficiencia. En una o más realizaciones, el agua de enfriamiento o el aire son las únicas fuentes externas de fluidos de enfriamiento y son utilizadas para la inter-etapa compresora o después del enfriamiento.

[0025] La FIG.1 ilustra una realización de la presente invención en la que se usa un circuito expensor 5 (i.e., un ciclo de expansión) y un circuito de sub-enfriamiento 6. Para claridad, el circuito expensor 5 y el circuito de sub-enfriamiento 6 se muestran con líneas de doble ancho en la FIG. 1. En esta descripción y reivindicaciones anexas, los términos "circuito" y "ciclo" se usan de manera intercambiable. En la FIG. 1, la corriente de gas de alimentación 10 entra

al proceso de licuefacción a una presión menor a alrededor de 8172.3 kPa (1200 psia), o menor a alrededor de 6793.4 kPa (1000 psia), o menor a alrededor de 6103,9 kPa (900 psia), o menor a alrededor de 5414,4 kPa (800 psia), o menor a alrededor a 4725 kPa (700 psia), o menor a alrededor de 4035.5 kPa (600 psia). De manera típica, la presión de la corriente de gas de alimentación **10** será alrededor de 5514.4 kPa (800 psia). La corriente de gas de alimentación **10** generalmente comprende gas natural que ha sido tratado para remover contaminantes usando procesos y equipos que son bien conocidos en el arte. Antes de que sea pasada a un intercambiador de calor, se retira una porción de la corriente de gas de alimentación **10** para formar la corriente lateral **11**, con lo cual se provee, como será aparente a partir de la siguiente discusión, un refrigerante a una presión correspondiente a la presión de la corriente de gas de alimentación **10**, a saber, cualquiera de las presiones anteriores, incluyendo una presión de menos de alrededor de 6793.4 kPa (1000 psia). Entonces, en la realización mostrada en la FIG. 1, una porción de la corriente de gas de alimentación es utilizada como el refrigerante para el ciclo expensor **5**. Aunque la realización mostrada en la FIG.1 utiliza una corriente lateral que es retirada de la corriente de gas de alimentación **10** antes que la corriente de gas de alimentación **10** pase a un intercambiador de calor, la corriente lateral del gas de alimentación a ser usada como el refrigerante en el circuito expansión **5** se puede retirar del gas de alimentación después de que el gas de alimentación ha pasado a un área de intercambio de calor. Entonces, en una o más realizaciones, el presente método es cualquiera de las otras realizaciones aquí descritas, en donde la porción de la corriente de gas de alimentación a ser usada como el refrigerante se retira del área de intercambio de calor, se expande y se pasa de vuelta al área de intercambio de calor para proveer al menos parte del trabajo de refrigeración para el área de intercambio de calor.

[0026] La corriente lateral **11** se pasa a la unidad de compresión **20** en donde se comprime a una presión mayor o igual a alrededor de 10240.8 kPa (1500 psia), con lo que se provee la corriente refrigerante comprimida **12**. De manera alternativa, la corriente lateral **11** se comprime a una presión mayor o igual a alrededor de 10930.2 kPa (1600 psia), o mayor o igual a alrededor de 11619,7 kPa (1700 psia), o mayor o igual a alrededor de 12309.2 kPa (1800 psia), o mayor o igual a alrededor de 12298.7 kPa (1900 psia), o mayor o igual a alrededor de 13688.2 kPa (2000 psia), o mayor o igual a alrededor de 17135.5 kPa (2500 psia), o mayor o igual a alrededor de 20582 kPa (3000 psia), con lo

cual se provee la corriente refrigerante comprimida **12**. Como se usa en esta descripción, incluyendo las reivindicaciones anexas, el término "unidad de compresión" significa cualquier tipo o combinación de tipos similares o diferentes de equipo de compresión, y puede incluir equipo auxiliar, conocido en el arte para comprimir una sustancia o mezcla de sustancias. Una "unidad de compresión" puede utilizar una o más etapas de compresión. Compresores ilustrativos pueden incluir, pero no están limitados a, tipos de desplazamiento positivo, tales como compresores de pistón y giratorio por ejemplo, y tipos dinámicos, tales como compresores de flujo axial y centrífugo, por ejemplo.

[0027] Después de salir de la unidad de compresión **20**, la corriente refrigerante comprimida **12** pasa al enfriador **30** en donde se enfría mediante intercambio indirecto de calor con un fluido de enfriador adecuado para proveer un refrigerante comprimido, enfriado. En una o más realizaciones, el enfriador **30** es del tipo que provee agua o aire como el fluido de enfriamiento, aunque puede usarse cualquier tipo de enfriador. La temperatura de la corriente refrigerante comprimida **12** a medida que emerge del enfriador **30** depende de las condiciones del ambiente y del medio de enfriamiento usado y es típicamente desde alrededor de 1.67 °C (35 °F) hasta alrededor de 40.5 °C (105 °F). La corriente refrigerante comprimida enfriada **12** se pasa luego al expansor **40** en donde es expandida y consecuentemente enfriada para formar la corriente refrigerante expandida **13**. En una o más realizaciones, el expansor **40** es un dispositivo de trabajo de expansión, tal como un expansor de gas que produce trabajo que puede ser extraído y usado para la compresión.

[0028] La corriente refrigerante expandida **13** pasa a al área de intercambio de calor **50** para proveer al menos parte del trabajo de refrigeración para el área de intercambio de calor **50**. Como se usa en esta descripción, incluyendo las reivindicaciones anexas, el término "área de intercambio de calor" significa cualquier tipo o combinación de tipos similares o diferentes de equipos conocidos en el arte para facilitar la transferencia de calor. Por consiguiente, un "área de intercambio de calor" puede estar contenida en una pieza única sencilla de equipo, o puede comprender áreas contenidas en una pluralidad de piezas de equipo. En cambio, múltiples áreas de intercambio de calor pueden estar contenidas en una única pieza de equipo.

[0029] Después de salir del área de intercambio de calor **50**, la corriente refrigerante expandida **13** es alimentada a la unidad de compresión **60** para presurización para formar la corriente **14**, que luego se une con la corriente lateral **11**. Será aparente que una vez el circuito expensor **5** se ha llenado con el gas de alimentación de la corriente lateral **11**, sólo se requiere gas de alimentación de reposición para reemplazar pérdidas de fugas, entrando la mayoría del gas a la unidad compresora **20** siendo generalmente proporcionado por la corriente **14**. La porción de la corriente de gas de alimentación **10** que no es retirada como corriente lateral **11** pasa al área de intercambio de calor **50** en donde se enfría, al menos en parte, mediante intercambio indirecto de calor con la corriente refrigerante expandida **13**. Después de salir del área de intercambio de calor **50**, la corriente de gas de alimentación **10** pasa al área de intercambio de calor **55**. La función principal del área de intercambio de calor **55** es sub-enfriar la corriente de gas de alimentación. Por consiguiente, en el área de intercambio de calor **55** la corriente de gas de alimentación **10** es sub-enfriada mediante el circuito de sub-enfriamiento **6** (descrito más adelante) para producir la corriente sub-enfriada **10a**. La corriente sub-enfriada **10a** es posteriormente expandida a una presión menor en el expensor **70**, licuando de esta manera parcialmente la corriente sub-enfriada **10a** para formar una fracción líquida y una fracción de vapor remanente. El expensor **70** puede ser cualquier dispositivo reductor de presión, incluyendo, pero no limitándose a una válvula, válvula de control, válvula Joule Thompson, dispositivo Venturi, expensor líquido, turbina hidráulica, y similares. La corriente parcialmente sub-enfriada **10a** licuada es pasada al tanque de compensación **80** en donde la fracción licuada **15** es retirada del proceso como GNL que tiene una temperatura correspondiente a la presión del punto de burbuja. La corriente de la fracción de vapor remanente (vapor flash) **16** se utiliza como combustible para impulsar las unidades compresoras y/o como un refrigerante en el circuito de sub-enfriamiento **6** como se describe más adelante. Antes de ser utilizado como combustible, toda o una porción de la corriente de vapor flash **16** puede ser pasada opcionalmente desde el tanque de compensación **80** a las áreas de intercambio de calor **50** y **55** para suplementar el enfriamiento que se provee en dichas áreas de intercambio de calor.

[0030] Haciendo referencia nuevamente a la FIG. 1, una porción de vapor flash **16** se retira a través de la línea **17** para llenar el circuito de sub-enfriamiento **6**. Por consiguiente, una porción del gas de alimentación de la corriente de gas de alimentación **10** se retira (en forma de gas flash desde la corriente de gas flash

16) para uso como el refrigerante en el circuito de sub-enfriamiento 6. Será aparente nuevamente que una vez el circuito de sub-enfriamiento 6 está cargado completamente con gas flash, sólo el gas de recuperación (es decir, vapor flash adicional de la línea 17) se requiere para reemplazar perdidas de fugas. En el circuito de sub-enfriamiento 6, la corriente expandida 18 se descarga del expansor 41 y se retira a través de las áreas de intercambio de calor 55 y 50. La corriente de vapor flash expandida 18 (la corriente refrigerante de sub-enfriamiento) es posteriormente regresada a la unidad de compresión 90 en donde se re-comprime a una presión mayor y se calienta. Después de salir de la unidad de compresión 90, la corriente refrigerante de sub-enfriamiento re-comprimida se enfría en el enfriador 31, que puede ser del mismo tipo del enfriador 30, aunque puede usarse cualquier tipo de enfriador. Después del enfriamiento, la corriente refrigerante de sub-enfriamiento re-comprimida pasa al área de intercambio de calor 50 en donde es posteriormente enfriada por intercambio de calor indirecto con la corriente refrigerante expandida 13, la corriente refrigerante de sub-enfriamiento 18, y, opcionalmente, la corriente de vapor flash 16. Después de salir del área de intercambio de calor 50, la corriente refrigerante de sub-enfriamiento re-comprimida y enfriada se expande a través del expansor 41 para proveer una corriente enfriada que posteriormente pasa a través del área de intercambio de calor 55 para sub-enfriar la porción de la corriente de gas de alimentación para ser finalmente expandida para producir GNL. La corriente refrigerante de sub-enfriamiento expandida que sale del área de intercambio de calor 55 se pasa nuevamente a través del área de intercambio de calor 50 para proveer enfriamiento suplementario antes de ser re-comprimida. De esta manera el ciclo en el circuito de sub-enfriamiento 6 se repite continuamente. Por consiguiente, en una o más realizaciones, el presente método es cualquiera de las otras realizaciones reveladas aquí comprendiendo posteriormente proveer enfriamiento usando un circuito cerrado (e.g., el circuito de sub-enfriamiento 6) cargado con vapor flash resultante la producción de GNL (e.g., vapor flash 16).

[0031] Será aparente que en la realización ilustrada en la FIG. 1 (y en las otras realizaciones aquí descritas) que a medida que la corriente de gas de alimentación 10 pasa de un área de intercambio de calor a otra, la temperatura de la corriente de gas de alimentación 10 se reducirá hasta que en últimas se produzca una corriente sub-enfriada. Adicionalmente, a medida que se toman corrientes laterales de la corriente de gas de alimentación 10, la velocidad del flujo

de masa de la corriente de gas de alimentación 10 se reducirá. Otras modificaciones, tales como compresión, también se pueden hacer a la corriente de gas de alimentación 10. Dado que puede considerarse que cada una de dichas modificaciones a la corriente de gas de alimentación 10 produce una corriente nueva y diferente, para claridad y facilidad de ilustración, se hará referencia a la corriente de gas de alimentación como la corriente de gas de alimentación 10 a menos que se indique de otra manera, entendiendo que el paso a través de las áreas de intercambio de calor, la toma de las corrientes laterales, y otras modificaciones producirán cambios en la temperatura, presión, y/o velocidad de flujo para la corriente de gas de alimentación 10.

[0032] La FIG. 2 ilustra otra realización de la presente invención que es similar a la realización mostrada en la FIG. 1, excepto por circuito que el expansor 5 ha sido reemplazado con el circuito expansor 7. Los otros ítems en la FIG. 2 han sido previamente descritos. El circuito expansor 7 se muestra con líneas de doble ancho en la FIG. 2 para claridad. El circuito expansor 7 utiliza sustancialmente el mismo equipo que el circuito expansor 5 (por ejemplo, compresor 20, enfriador 30, y expansor 40, todos los cuales han sido descritos anteriormente). Sin embargo, el refrigerante gaseoso en el circuito expansor 7 es desacoplado del gas de alimentación y puede por lo tanto tener una composición diferente a la del gas de alimentación. Esto es, el circuito expansor 7 es esencialmente un circuito cerrado y no está conectado a la corriente de gas de alimentación 10. Por lo tanto, el refrigerante para el circuito expansor 7 no necesariamente es el gas de alimentación, aunque podría serlo. El circuito expansor 7 se puede cargar con cualquier gas refrigerante adecuado que sea producido en o cerca de la planta de proceso de GNL en la cual se utiliza el circuito expansor 7. Por ejemplo, el gas refrigerante usado para cargar el circuito expansor 7 puede ser un gas de alimentación, tal como gas natural, que ha sido tratado sólo parcialmente para remover contaminantes.

[0033] Como el circuito expansor 5, el circuito expansor 7 es un circuito de gas a alta presión. La corriente 12a sale de la unidad de compresión 20 a una presión mayor o igual a alrededor de 10240.8 kPa (1500 psia), o mayor o igual a alrededor de 10930.2 kPa (1600 psia), o mayor o igual a alrededor de 116197.7 kPa (1700 psia), o mayor que o igual a alrededor de 12309.2 kPa (1800 psia), o mayor o igual a alrededor de 12298.7 kPa (1900 psia), o mayor o igual a alrededor de 13688.2 kPa (2000 psia), o mayor o igual a alrededor de 17135.5

kPa (2500 psia), o mayor o igual a alrededor de 2058.9 kPa (3000 psia). La temperatura de la corriente refrigerante comprimida **12a** a medida que emerge del enfriador **30** depende de las condiciones del ambiente y del medio enfriador utilizado y está típicamente alrededor 1.67 °C (35 °F) a alrededor de 40.5 °C (105 °F). La corriente refrigerante comprimida enfriada **12a** se pasa luego al expansor **40** en donde es expandida y enfriada adicionalmente para formar la corriente refrigerante expandida **13a**. La corriente refrigerante expandida **13a** pasa al área de intercambio de calor **50** para proveer al menos parte del trabajo de refrigeración para el área de intercambio de calor **50**, en donde la corriente de gas de alimentación **10** es al menos parcialmente enfriada mediante intercambio indirecto de calor con la corriente refrigerante expandida **13a**. Después de salir del área de intercambio de calor **50**, la corriente refrigerante expandida **13a** es regresada a la unidad de compresión **20** para re-compresión. En cualquiera de las realizaciones aquí descritas, los circuitos expansores **5** y **7** pueden ser usados de manera intercambiable. Por ejemplo, en una realización utilizando el circuito expansor **5**, el circuito expansor **7** puede ser sustituido por el circuito expansor **5**.

[0034] La FIG. 3 muestra otra realización para producir GNL de acuerdo con el proceso de la invención. El proceso ilustrado en la FIG. 3 utiliza una pluralidad de ciclos de trabajo de expansión para proveer enfriamiento suplementario para el gas de alimentación y otras corrientes. El uso de dichos ciclos de trabajo de expansión resulta en eficiencia global mejorada para el proceso de licuefacción. Haciendo referencia a la FIG. 3, la corriente de gas de alimentación **10** entra nuevamente al proceso de licuefacción a las presiones descritas anteriormente. En la realización particular mostrada en la FIG. 3, la corriente lateral **11** es alimentada al circuito expansor **5** en la forma descrita anteriormente, pero será aparente que el circuito expansor cerrado **7** puede ser usado en lugar del circuito expansor **5**, en cuyo caso no sería necesaria la corriente lateral **11**. El circuito expansor **5** opera de la misma manera que se describió anteriormente para la realización mostrada en la FIG. 1, excepto porque la corriente refrigerante expandida **13** se pasa a través del área de intercambio de calor **56**, descrita en detalle adelante, para proveer al menos una parte del trabajo de refrigeración para el área de intercambio de calor **56**.

[0035] La porción de la corriente de gas de alimentación **10** que no es retirada como corriente lateral **11** se pasa al área de intercambio de calor **56** en donde se enfría, al menos en parte, mediante intercambio indirecto de calor con la

corriente refrigerante expandida **13** y otras corrientes descritas adelante. Después de salir del área de intercambio de calor **56**, la corriente de gas de alimentación **10** pasa a través de las áreas de intercambio de calor **57** y **58** en donde se enfría posteriormente por intercambio de calor indirecto con corrientes adicionales descritas adelante. En la presente realización, el primer y segundo ciclos de trabajo de expansión se usan para eficiencia mejorada como sigue: antes que la corriente de gas de alimentación **10** entre al área de intercambio de calor **57**, la corriente lateral **11b** es tomada de la corriente de gas de alimentación **10**. Después que la corriente de gas de alimentación **10** sale del área de intercambio de calor **57**, pero antes de que entre al área de intercambio de calor **58**, la corriente lateral **11c** es tomada de la corriente de gas de alimentación **10**. Por consiguiente, las corrientes laterales **11b** y **11c** se toman de la corriente de gas de alimentación **10** en diferentes etapas del enfriamiento de la corriente de gas de alimentación. Esto es, cada corriente lateral es retirada de la corriente de gas de alimentación en un punto diferente en la curva de enfriamiento del gas de alimentación de tal manera que cada corriente lateral retirada sucesivamente tiene una temperatura inicial menor que la corriente lateral previamente retirada.

[0036] La corriente lateral **11b**, que es parte del primer ciclo de expansión trabajo, se pasa al expansor **42** en donde es expandida y consecuentemente enfriada para formar la corriente expandida **13b**. La corriente expandida **13b** pasa a través de las áreas de intercambio de calor **56** y **57** para proveer al menos parte del trabajo de refrigeración para las áreas de intercambio de calor **56** y **57**. De manera similar, la corriente lateral **11c**, que es parte del segundo ciclo de trabajo de expansión, pasa al expansor **43** en donde es expandida y consecuentemente enfriada para formar la corriente expandida **13c**. La corriente expandida **13c** se pasa luego a través de las áreas de intercambio de calor **56**, **57** y **58** para proveer al menos parte del trabajo de refrigeración para las áreas de intercambio de calor **56**, **57** y **58**. De manera acorde, la corriente de gas de alimentación **10** también se enfría en las áreas de intercambio de calor **56** y **57** por intercambio de calor indirecto con las corrientes expandidas **13b** y **13c**. En el área de intercambio de calor **58** la corriente de gas de alimentación **10** también se enfría por intercambio de calor indirecto con la corriente expandida **13c**.

[0037] Después de salir del área de intercambio de calor **56**, las corrientes expandidas **13b** y **13c** son pasadas a las unidades de compresión **61** y **62**, respectivamente, en donde estas son re-comprimidas y combinadas para formar la corriente **14a**. La corriente **14a** se enfría mediante un enfriador **32** antes de ser

re-combinada con la corriente de gas de alimentación 10. El enfriador 32 puede ser del mismo tipo de enfriador o tipos de enfriador que los enfriadores 30 y 31. Los expansores 42 y 43 son dispositivos de trabajo de expansión del tipo ampliamente conocido para aquellos versados en la materia. Ejemplos ilustrativos, no limitantes de dispositivos de trabajo de expansión adecuados incluyen expansores líquidos y turbinas hidráulicas. Entonces, en la realización mostrada en la FIG. 3, la corriente de gas de alimentación se enfría adicionalmente usando una pluralidad de dispositivos de trabajo de expansión. Para aquellos versados en la materia será aparente que pueden adicionarse ciclos de trabajo de expansión adicionales a la realización ilustrada en la FIG. 3, o que un puede emplearse un único ciclo de trabajo de expansión. Generalmente, por lo tanto, pueden emplearse uno o más dispositivos de trabajo de expansión de la manera descrita anteriormente. Cada uno de los dispositivos de trabajo de expansión expande una porción de la corriente de gas de alimentación y de esta manera enfría dicha porción, en donde cada una de las porciones de la corriente de gas de alimentación expandida en los dispositivos de trabajo de expansión se retira de la corriente de gas de alimentación en una etapa diferente del enfriamiento de la corriente de gas de alimentación (i.e., a una temperatura de la corriente de gas de alimentación diferente).

[0038] En una o más realizaciones diferentes de acuerdo con la presente invención, los dispositivos de trabajo de expansión son utilizados retirando una o más corrientes laterales de la corriente de gas de alimentación; pasando dichas una o más corrientes laterales a uno o más dispositivos de trabajo de expansión; expandiendo dichas una o más corrientes laterales para expandir y enfriar dichos uno o más corrientes laterales, formando de esta manera una o más corrientes laterales enfriadas, expandidas; pasando dichas una o más corrientes laterales expandidas, enfriadas a al menos un área de intercambio de calor; pasando dicha corriente de gas a través de dicha al menos un área de intercambio de calor; y enfriando al menos parcialmente dicha corriente de gas mediante intercambio indirecto de calor con dichas una o más corrientes laterales expandidas, enfriadas.

[0039] Haciendo referencia nuevamente a la FIG. 3, la corriente de gas de alimentación 10, después de ser enfriada en las áreas de intercambio de calor 56, 57, y 58, se pasa posteriormente al área de intercambio de calor 59 en donde es enfriada adicionalmente para producir una corriente sub-enfriada 10a. La función principal del área de intercambio de calor 59 es sub-enfriar la corriente de gas de

alimentación **10**. La corriente sub-enfriada **10a** es expandida posteriormente a una presión menor en el expansor **85**, licuando parcialmente de esta manera la corriente sub-enfriada **10a** para formar una fracción líquida y una fracción de vapor remanente. El expansor **85** puede ser cualquier dispositivo reductor de presión, incluyendo, pero no limitándose a una válvula, válvula de control, válvula Joule Thompson, dispositivo Venturi, expansor líquido, turbina hidráulica, y similares. La corriente sub-enfriada parcialmente licuada **10a** se pasa a un tanque de compensación **80** donde la fracción licuada **15** se retira del proceso como GNL que tiene una temperatura correspondiente a la presión del punto de burbuja. La corriente de la fracción de vapor remanente (flash vapor) **16** se usa como combustible para impulsar las unidades del compresor y/o como un refrigerante en el circuito de sub-enfriamiento **8** en una manera sustancialmente igual a la descrita previamente para el circuito de sub-enfriamiento **6**. Excepto por que el circuito de sub-enfriamiento **8** suministra el enfriamiento para cuatro áreas de intercambio de calor (áreas de intercambio de calor **56**, **57**, **58**, y **59**).

[0040] La FIG. 4 ilustra otra realización de la presente invención.

La realización mostrada en la FIG. 4 es sustancialmente la misma de la realización mostrada en la FIG. 3, excepto por que se han adicionado la unidad de compresión **25** y el expansor **35**. El expansor **35** puede ser de cualquier tipo de expansor líquido o turbina hidráulica. El expansor **35** se coloca entre las áreas de intercambio de calor **58** y **59** de tal manera que la corriente de gas de alimentación **10** fluye del área de intercambio de calor **58** en el expansor **35** donde es expandida, y consecuentemente enfriada para producir una corriente de gas de alimentación expandida **10b**. La corriente **10b** se pasa posteriormente al área de intercambio de calor **59** donde es sub-enfriada para producir una corriente sub-enfriada **10c**. Al expandir y consecuentemente enfriar la corriente de gas de alimentación **10** en el expansor **35** para producir una corriente **10b**, la carga de enfriamiento total en el circuito de sub-enfriamiento **8** se reduce de manera ventajosa. Entonces, en una o más realizaciones, el presente método es cualquiera de las otras realizaciones aquí reveladas que comprende además expandir al menos una porción de la corriente de gas de alimentación enfriada para producir una corriente de gas de alimentación enfriada, expandida (e.g., corriente **10b**); y adicionalmente enfriar la corriente de gas de alimentación enfriada, expandida, mediante intercambio indirecto de calor con un circuito cerrado (e.g., circuito de sub-enfriamiento **6** u **8**) cargado con el vapor flash que resulta de la producción de GNL (e.g., vapor flash **16**).

[0041] Haciendo referencia nuevamente a la FIG. 4, la unidad de compresión **25** se usa para incrementar la presión de la corriente de gas de alimentación **10** de manera previa a la entrada al proceso de licuefacción. Entonces, la corriente de gas de alimentación **10** se pasa a la unidad de compresión **25** donde es comprimida a una presión por encima de la presión del suministro de gas de alimentación o, en una o más realizaciones diferentes, a una presión mayor a 8172.3 kPa (1200 psia). De manera alternativa, la corriente de gas de alimentación **10** se comprime a una presión mayor o igual a alrededor de 8861.8 kPa (1300 psia), o mayor o igual a alrededor de 9551.3 kPa (1400 psia), o mayor o igual a alrededor de 10240.8 kPa (1500 psia), o mayor o igual a alrededor de 10930.2 kPa (1600 psia), o mayor o igual a alrededor de 11619.7 kPa (1700 psia), o mayor o igual a alrededor de 12309.2 kPa (1800 psia), o mayor o igual a alrededor de 12298.7 kPa (1900 psia), o mayor o igual a alrededor de 13688.2 kPa (2000 psia), o mayor o igual a alrededor de 17135.5 kPa (2500 psia), o mayor o igual a alrededor de 20582.9 kPa (3000 psia). Después de la compresión, la corriente de gas de alimentación **10** se pasa al enfriador **33** donde es enfriada antes de ser pasada al área de intercambio de calor **56**. Se apreciará que puesto que la unidad de compresión **25** se usa para comprimir la corriente de gas de alimentación **10** (y, por lo tanto, la corriente lateral **11**) a una presión menor a la deseada para la corriente refrigerante comprimida **12**, la unidad de compresión **20** puede ser usada para aumentar la presión.

[0042] La compresión de la corriente de gas de alimentación **10** como se describió anteriormente, provee tres beneficios. Primero, al incrementar la presión de la corriente de gas de alimentación, las presiones de las corrientes laterales **11b** y **11c** también se incrementan, con el resultado de que el desempeño de enfriamiento de los dispositivos de trabajo de expansión **42** y **43** se incrementa. Segundo, el coeficiente de transferencia de calor en las áreas de intercambio de calor se mejora. Entonces, en una o más realizaciones, el proceso aquí descrito para producir GNL se lleva a cabo de acuerdo con cualquiera de las otras realizaciones aquí descritas en donde el gas de alimentación se comprime a las presiones descritas anteriormente descritas de manera previa a la entrada al área de intercambio de calor. Incluso en otras realizaciones, el presente método comprende proveer enfriamiento de suplemento para la corriente de gas de alimentación desde una pluralidad de dispositivos de trabajo de expansión, expandir cada uno de los dispositivos de trabajo de expansión una porción de la corriente de gas de alimentación y enfriar de esta manera la porción para formar una o más corrientes laterales enfriadas, expandidas, en donde cada una de las

porciones de la corriente de gas de alimentación expandida en los dispositivos de trabajo de expansión se retira de la corriente de gas de alimentación en una etapa diferente del enfriamiento de la corriente de gas de alimentación (i.e., a una temperatura de la corriente de gas de alimentación diferente); y enfriar dicha corriente de gas de alimentación mediante intercambio indirecto de calor con dichas una o más corrientes laterales enfriadas, expandidas.

[0043] Incluso en otras realizaciones del gas de alimentación, cada una de las porciones anteriormente descritas tiene una presión, previa a la expansión, mayor a alrededor de 8172.3 kPa (1200 psia), o mayor o igual a alrededor de 8861.8 kPa (1300 psia), o mayor o igual a alrededor de 9551.3 kPa (1400 psia), o mayor o igual a alrededor de 10240.8 kPa (1500 psia), o mayor o igual a alrededor de 10930.2 kPa (1600 psia), o mayor o igual a alrededor de 11619.7 kPa (1700 psia), o mayor o igual a alrededor de 12309.2 kPa (1800 psia), o mayor o igual a alrededor de 12298.7 kPa (1900 psia), o mayor o igual a alrededor de 13688.2 kPa (2000 psia), o mayor o igual a alrededor de 17135.5 kPa (2500 psia), o mayor o igual a alrededor de 20582.9 kPa (3000 psia). Incluso en otras realizaciones, el presente método es cualquiera de las otras realizaciones aquí descritas que comprende además comprimir la corriente de gas de alimentación a cualquiera de las presiones anteriormente descritas para producir una corriente presurizada de gas de alimentación; alimentar la corriente presurizada de gas de alimentación a un dispositivo de trabajo de expansión, o a una pluralidad de dispositivos de trabajo de expansión; expandir la corriente comprimida de gas de alimentación a través del dispositivo de trabajo de expansión, o a través de una pluralidad de dispositivos de trabajo de expansión, para proveer un enfriamiento suplementario a la corriente de gas de alimentación.

[0044] Un tercer beneficio obtenido mediante la compresión de la corriente de gas de alimentación como se describió anteriormente, es que la capacidad de enfriamiento del expansor 35 se mejora, con el resultado de que el expansor 35 es capaz de reducir incluso más la carga de enfriamiento en el circuito de sub-enfriamiento 8. Se apreciará que la unidad de compresión 25 y/o expansora 35 podría también adicionarse de manera ventajosa a otras realizaciones aquí descritas para proveer reducciones similares en la carga de enfriamiento en los circuitos de sub-enfriamiento usados en aquellas realizaciones u otras mejoras en el enfriamiento, y que la unidad de compresión 25 y el expansor 35 pueden ser usados de manera independiente el uno del otro en cualquier realización enseñada aquí. Adicionalmente, también se apreciará que la capacidad de

enfriamiento del expansor 35 (o los dispositivos de trabajo de expansión 42 y 43) será mejorada, incluso sin la compresión de la corriente de alimentación, al punto que la corriente de alimentación se suministra a una presión por encima de la presión del punto de burbuja del GNL. Por ejemplo, si el gas de alimentación es suministrado a cualquiera de las presiones descritas anteriormente que resultan de la compresión del gas de alimentación, el beneficio de dicha presión obviamente será obtenible sin compresión adicional. Por lo tanto, al interpretar esta descripción, incluyendo las reivindicaciones anexas, el uso de dispositivos de trabajo de expansión y/o expansor 35 para expandir las corrientes que tienen presiones por encima de alrededor de 8172.3 kPa (1200 psia) no debería ser interpretado como que requiere el uso o la presencia de la unidad de compresión 25 o de cualquier otro compresor o paso de compresión.

[0045] La FIG. 5 es un diagrama de flujo esquemático de una quinta realización para producir GNL de acuerdo con el proceso de esta invención que es similar a la realización mostrada en la FIG. 4, pero usa incluso otro paso de expansión para proveer sub-enfriamiento. Haciendo referencia a la FIG. 5, se apreciará que el circuito de sub-enfriamiento 8 no está presente en la realización mostrada en la FIG. 5. En lugar de esto, la corriente lateral 11d se toma de la corriente 10b y se pasa al dispositivo de expansión 105 donde es expandida y posteriormente enfriada para formar la corriente expandida 13d. El dispositivo de expansión 105 es un expansor productor de trabajo, varios tipos de los cuales se encuentran fácilmente disponibles. Ejemplos ilustrativos, no limitantes de tales dispositivos incluyen expansores líquidos y turbinas hidráulicas. La corriente expandida 13d se pasa a través de áreas de intercambio de calor 59, 58, 57, y 56 para proveer al menos una parte del trabajo de refrigeración para aquellas áreas de intercambio de calor. Como puede verse en la FIG. 5, la corriente 10b es también enfriada mediante intercambio indirecto de calor con la corriente expandida 13d, así como mediante la corriente de vapor flash 16. Entonces, en una o más realizaciones, el proceso inventivo comprende además expandir al menos una porción de la corriente de gas enfriada (corriente de gas de alimentación 10) en el expansor 35 antes del paso final de intercambio de calor (por ejemplo, antes del área de intercambio de calor 59) para producir una corriente de gas expandida, enfriada (por ejemplo, corriente 10b); Pasar una porción de dicha corriente de gas expandida, enfriada a un expansor productor de trabajo; posteriormente expandir dicha corriente de gas expandida, enfriada en dicho expansor productor de trabajo; y pasar la corriente que emerge de dicho expansor productor de trabajo (por ejemplo, corriente 13d) a un área de

intercambio de calor para enfriar más dicha corriente de gas expandida, enfriada, mediante intercambio de calor indirecto en dicha área de intercambio de calor.

[0046] Después de salir del área de intercambio de calor **56**, la corriente expandida **13d** se pasa a una unidad de compresión **95** donde es re-comprimida y combinada con las corrientes que emergen de las unidades de compresión **61** y **62** para formar parte de la corriente **14a**, la cual es enfriada y posteriormente reciclada **10** como antes.

[0047] Una realización adicional mostrada en la FIG. 6 es similar a la realización mostrada en la FIG. 1 y anteriormente descrita, excepto por que el circuito de sub-enfriamiento **6** ha sido modificado de tal manera que después de dejar el área de intercambio de calor **50**, la corriente refrigerante re-comprimida y enfriada es enfriada adicionalmente en el área de intercambio de calor **55** antes de ser expandida a través del expansor **41**. Esta realización es favorable donde se usa un fluido enfriador que no presente mucha condensación después del expansor **41**.

[0048] La FIG. 7 muestra otra realización en la cual el circuito de sub-enfriamiento **6a** usa una porción del gas de alimentación **10**. La porción del gas de alimentación **10** es re-presurizada en el compresor **25** y enfriada en el enfriador **33** de **201**, de la misma manera que en la FIG. 4.

[0049] La FIG. 8 es otra realización similar a la FIG. 7 que muestra una disposición alternativa para el circuito de sub-enfriamiento **6**. Dependiendo de la composición del gas de alimentación **10**, puede usarse un compresor adicional (no se muestra) para prevenir la condensación en el circuito de sub-enfriamiento o para asegurar presiones de línea adecuadas.

[0050] La FIG. 9 muestra una realización para usar con ciertas composiciones y/o presiones de gas de alimentación **10**. Para ajustar de mejor manera la curva de enfriamiento del gas de alimentación **10** que está siendo enfriado para la recolección de GNL, a la curva de enfriamiento de la porción del gas de alimentación **10** que está siendo usada para enfriar en el área de intercambio de calor de sub-enfriamiento **55**, puede ser necesario expandir adicionalmente una parte la porción del gas refrigerante que va al circuito de sub-enfriamiento **6**. Esto se logra usando una válvula de expansión **82** u otros expansores (e.g., una válvula Joules-Thompson) para proveer un enfriamiento suplementario en el circuito de sub-enfriamiento **6**.

[0051] La FIG. 10 representa otra realización que muestra la integración de una etapa de rechazo de nitrógeno usando una columna de destilación **81** o un dispositivo equivalente, para el caso en el que se necesite el rechazo de nitrógeno, con base en la composición de gas de alimentación **10**. Esto puede ser requerido para cumplir con la especificación de nitrógeno del producto de GNL para transmisión y uso final.

[0052] La FIG. 11 representa otra realización que muestra la integración de una unidad de rechazo de nitrógeno, donde el vapor flash de la unidad de rechazo de nitrógeno se usa como un refrigerante para el circuito de sub-enfriamiento. El refrigerante resultante es por lo tanto rico en nitrógeno.

EJEMPLO

[0053] Se llevó a cabo un balance hipotético de masa y energía para ilustrar la realización de la FIG. 4, y los resultados se muestran en la Tabla más adelante. Los datos se obtuvieron usando un programa de simulación de procesos disponible comercialmente llamado HYSYS™ (disponible de Hyprotech Ltd. de Calgary, Canadá); sin embargo, pueden usarse otros programas de simulación de procesos disponibles comercialmente para obtener los datos, incluyendo por ejemplo HYSIM™, PROII™, y ASPEN PLUS™, que son familiares para aquellos versados en la materia. Este ejemplo asumió que la corriente de gas de alimentación **10** tenía la siguiente composición en porcentaje molar: C₁: 90.25%; C₂: 5.70%; C₃: 0.01%;

N₂: 4.0%; He: 0.04%. Los datos que se presentan en la Tabla pretenden permitir un mejor entendimiento de la realización mostrada en la FIG. 4, pero no debe interpretarse que la invención esté innecesariamente limitada a esto. Las temperaturas, presiones y velocidades de flujo pueden tener diversas variaciones en vista de las enseñanzas aquí. La temperatura, presión y velocidad de flujo específicas calculadas para los puntos de estado 201 a 214 (en las posiciones mostradas en la FIG. 4) están establecidas en la Tabla.

[0054] En una realización del método inventivo, al controlar la temperatura de la corriente que emerge del área de intercambio de calor final, el volumen de la corriente de vapor flash **16** se controla para cumplir con los requerimientos del combustible de las unidades de compresión y otros equipos. Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 4, la temperatura en el punto de estado **207** puede ser controlada para producir más o menos vapor flash (corriente **16**) dependiendo

de los requerimientos del combustible. Temperaturas más altas en el punto de estado 207 resultarán en la producción de más vapor flash (y por lo tanto más combustible disponible), y viceversa. De manera alternativa, la temperatura puede justarse de tal manera que la velocidad de flujo de vapor flash sea mayor que el requerimiento de combustible, caso en el que el exceso de flujo sobre el requerimiento de flujo de combustible pueda ser reciclado después de la compresión y el enfriamiento.

TABLA

Punto de estado	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Flujo (g-mol/h)
201	127.8 (262 °F)	6690 (985 psia)	1.52 x 10 ⁸ (3.35 x 10 ⁵ lb-mol/h)
202	37.8 (100 °F)	10240.8 (1500 psia)	4.90 x 10 ⁸ (1.08 x 10 ⁶ lb-mol/h)
203	-37.8 (-36 °F)	10102.9 (1480 psia)	2.20 x 10 ⁸ (4.85 x 10 ⁵ lb-mol/h)
204	-90 (-130 °F)	10033.9 (1470 psia)	1.52 x 10 ⁸ (3.35 x 10 ⁵ lb-mol/h)
205	-136.1 (-213 °F)	9965 (1460 psia)	1.52 x 10 ⁸ (3.35 x 10 ⁵ lb-mol/h)
206	-145 (-229 °F)	229.6 (48 psia)	1.52 x 10 ⁸ (3.35 x 10 ⁵ lb-mol/h)
207	-148.9 (-236 °F)	188.2 (42 psia)	1.52 x 10 ⁸ (3.35 x 10 ⁵ lb-mol/h)
208	-158.9 (-254 °F)	22.7 (18 psia)	1.52 x 10 ⁸ (3.35 x 10 ⁵ lb-mol/h)
209	-138.3 (-217 °F)	388.2 (71 psia)	1.42 x 10 ⁸ (3.12 x 10 ⁵ lb-mol/h)
210	-95.5 (-140 °F)	2794.4 (420 psia)	1.04 x 10 ⁷ (2.29 x 10 ⁴ lb-mol/h)
211	37.7 (100 °F)	767.4 (126 psia)	1.17 x 10 ⁷ (2.57 x 10 ⁴ lb-mol/h)
212	-151.1 (-240 °F)	202.0 (44 psia)	1.17 x 10 ⁷ (2.57 x 10 ⁴ lb-mol/h)
213	37.7 (100 °F)	20582.9 (3000 psia)	3.89 x 10 ⁸ (8.57 x 10 ⁵ lb-mol/h)
214	-40 (-40 °F)	6069.4 (895 psia)	3.89 x 10 ⁸ (8.57 x 10 ⁵ lb-mol/h)

REIVINDICACIONES

Reivindicamos:

1. Un proceso para licuar una corriente de gas rico en metano, comprendiendo dicho proceso:

proveer dicha corriente de gas a una presión menor a 6793.4 kPa (1.000 psia);

proveer un refrigerante a una presión de menos de 6793.4 kPa (1.000 psia);

comprimir dicho refrigerante a una presión mayor o igual a 10240.8 kPa (1500 psia) para proveer un refrigerante comprimido;

enfriar dicho refrigerante comprimido mediante intercambio indirecto de calor con un fluido enfriador;

expandir dicho refrigerante comprimido para enfriar adicionalmente dicho refrigerante comprimido, produciendo de esta manera un refrigerante expandido, enfriado; y

pasar dicho refrigerante expandido, enfriado a un área de intercambio de calor; y

pasar dicha corriente de gas a través de dicha área de intercambio de calor para enfriar al menos una parte de dicha corriente de gas mediante intercambio indirecto de calor con dicho refrigerante expandido, enfriado, formando de esta manera una corriente de gas enfriada.

2. El proceso de la reivindicación 1 en donde proveer dicho refrigerante a una presión de menos de 6793.4 kPa (1.000 psia) comprende retirar una porción de dicha corriente de gas para usarla como dicho refrigerante.

3. El proceso de la reivindicación 2 en donde dicha porción de dicha corriente de gas se retira antes que dicha corriente de gas pase a dicha área de intercambio de calor.

4. El proceso de la reivindicación 2 en donde dicha porción de dicha corriente de gas se retira de dicha área de intercambio de calor.

5. El proceso de la reivindicación 1 que comprende además proveer al menos una porción del trabajo de refrigeración para dicha área de intercambio de calor usando un circuito cerrado cargado con vapor flash producido en dicho proceso para licuar una corriente de gas rico en metano.

6. El proceso de la reivindicación 5 que comprende además:

expandir al menos una porción de dicha corriente de gas enfriada para producir una corriente de gas expandida, enfriada; y

enfriar adicionalmente dicha corriente de gas expandida, enfriada mediante intercambio indirecto de calor con dicho circuito cerrado cargado con vapor flash.

7. El proceso de la reivindicación 1 que comprende además:

expandir al menos una porción de dicha corriente de gas enfriada para producir una corriente de gas expandida, enfriada; y

enfriar adicionalmente dicha corriente de gas expandida, enfriada mediante intercambio indirecto de calor en una o más áreas de intercambio de calor adicionales.

8. El proceso de la reivindicación 1 que comprende además:

enfriar dicha corriente de gas usando una pluralidad de dispositivos de trabajo de expansión, cada uno de dichos dispositivos de trabajo de expansión expandiendo una porción de la corriente de gas de alimentación y enfriamiento de esta manera dicha porción para formar una o más corrientes laterales expandidas, enfriadas, en donde cada una de dichas porciones de la corriente de gas de alimentación expandidas en dichos dispositivos de trabajo de expansión es retirada de dicha corriente de gas de alimentación en una etapa diferente del enfriado de la corriente de gas de alimentación; y

enfriar dicha corriente de gas de alimentación mediante intercambio indirecto de calor con dichas una o más corrientes laterales expandidas, enfriadas.

9. El proceso de la reivindicación 1 que comprende además:

retirar una o más porciones de dicha corriente de gas;

pasar cada una de dichas una o más porciones de dicha corriente de gas a uno o más dispositivos de trabajo de expansión y expandir cada una de dichas una o más porciones de dicha corriente de gas para expandir y enfriar dichas una o más porciones, formando de esta manera una o más corrientes laterales expandidas, enfriadas;

pasar dichas una o más corrientes laterales expandidas, enfriadas a al menos un área de intercambio de calor;

pasar dicha corriente de gas a través de dicha al menos un área de intercambio de calor; y

enfriar al menos parcialmente dicha corriente de gas mediante intercambio indirecto de calor con dichas una o más corrientes laterales expandidas, enfriadas.

10. El proceso de la reivindicación 6, 7, 8, ó 9 en donde dicha corriente de gas se comprime primero a una presión por encima de la presión del suministro de gas.

11. El proceso de la reivindicación 1 que comprende además una etapa de expansión de dicha corriente de gas enfriada antes de un paso final de intercambio de calor y de manera previa a la expansión para producir GNL.¹

12. El proceso de la reivindicación 1 que comprende además:

expandir al menos una porción de dicha corriente de gas enfriada antes de un paso final de intercambio de calor para producir una corriente de gas expandida, enfriada;

pasar una porción de dicha corriente de gas expandida, enfriada a un expansor productor de trabajo y expandir adicionalmente dicha porción de dicha corriente de gas expandida, enfriada en dicho expansor productor de trabajo; y

pasar la corriente que emerge de dicho expansor productor de trabajo a un área de intercambio de calor para enfriar adicionalmente el balance de dicha corriente de gas expandida, enfriada mediante intercambio indirecto de calor indirecto en dicha área de intercambio de calor.

13. El proceso de la reivindicación 1 en donde dicho refrigerante se comprime a una presión mayor o igual a 20582.9 kPa (3,000 psia) para proveer un refrigerante comprimido.

14. El proceso de la reivindicación 1 en donde dicha área de intercambio de calor comprende múltiples cámaras de intercambio de calor.

15. El proceso de la reivindicación 1 que comprende además:

un área de intercambio de calor de sub-enfriamiento que recibe dicha corriente de gas y la enfría mediante la expansión de un segundo refrigerante para proveer una corriente de gas sub-enfriada;

seguida de la expansión final de dicha corriente de gas sub-enfriada y recuperación de GNL.

16. El proceso de la reivindicación 15 en donde dicho segundo refrigerante es una porción de dicha corriente de gas rico en metano.

17. El proceso de la reivindicación 15 en donde dicho segundo refrigerante es sub-enfriado en dicha área de intercambio de calor de sub-enfriamiento de manera previa a la expansión de dicho segundo refrigerante.

18. El proceso de la reivindicación 16 en donde dicha corriente de gas rico en metano es re-presurizada antes de pasar a través de dicha área de intercambio de calor, dicha corriente de gas enfriada es expandida, y una porción de dicha corriente de gas expandida, enfriada es expandida adicionalmente y usada como dicho segundo refrigerante en dicha área de intercambio de calor de sub-enfriamiento.

19. El proceso de la reivindicación 15 en donde una porción de dicha corriente de gas sub-enfriada es expandida y una porción de la misma es dicho segundo refrigerante.

20. El proceso de la reivindicación 19 en donde dicha porción de dicha corriente de gas sub-enfriada se divide en dos corrientes parciales, una de dichas corrientes parciales es expandida adicionalmente, y dichas ambas corrientes parciales comprenden dicho segundo refrigerante.

21. El proceso de la reivindicación 1 que comprende además el rechazo de nitrógeno con la recuperación de GNL.

22. Un proceso para licuar una corriente de gas rico en metano, comprendiendo dicho proceso:

proveer dicha corriente de gas a una presión menor a 6793.4 kPa (1 ,000 psia);

proveer un refrigerante en un circuito cerrado;

comprimir dicho refrigerante a una presión mayor o igual a 10240.8 kPa (1500 psia) para proveer un refrigerante comprimido;

enfriar dicho refrigerante comprimido mediante intercambio indirecto de calor con un fluido enfriador;

expandir dicho refrigerante comprimido para enfriar adicionalmente dicho refrigerante comprimido, produciendo de esta manera un refrigerante expandido, enfriado;

pasar dicho refrigerante expandido, enfriado a un área de intercambio de calor; y

pasar dicha corriente de gas a través de dicha área de intercambio de calor para enfriar al menos una parte de dicha corriente de gas mediante intercambio indirecto de calor con dicho refrigerante expandido, enfriado.

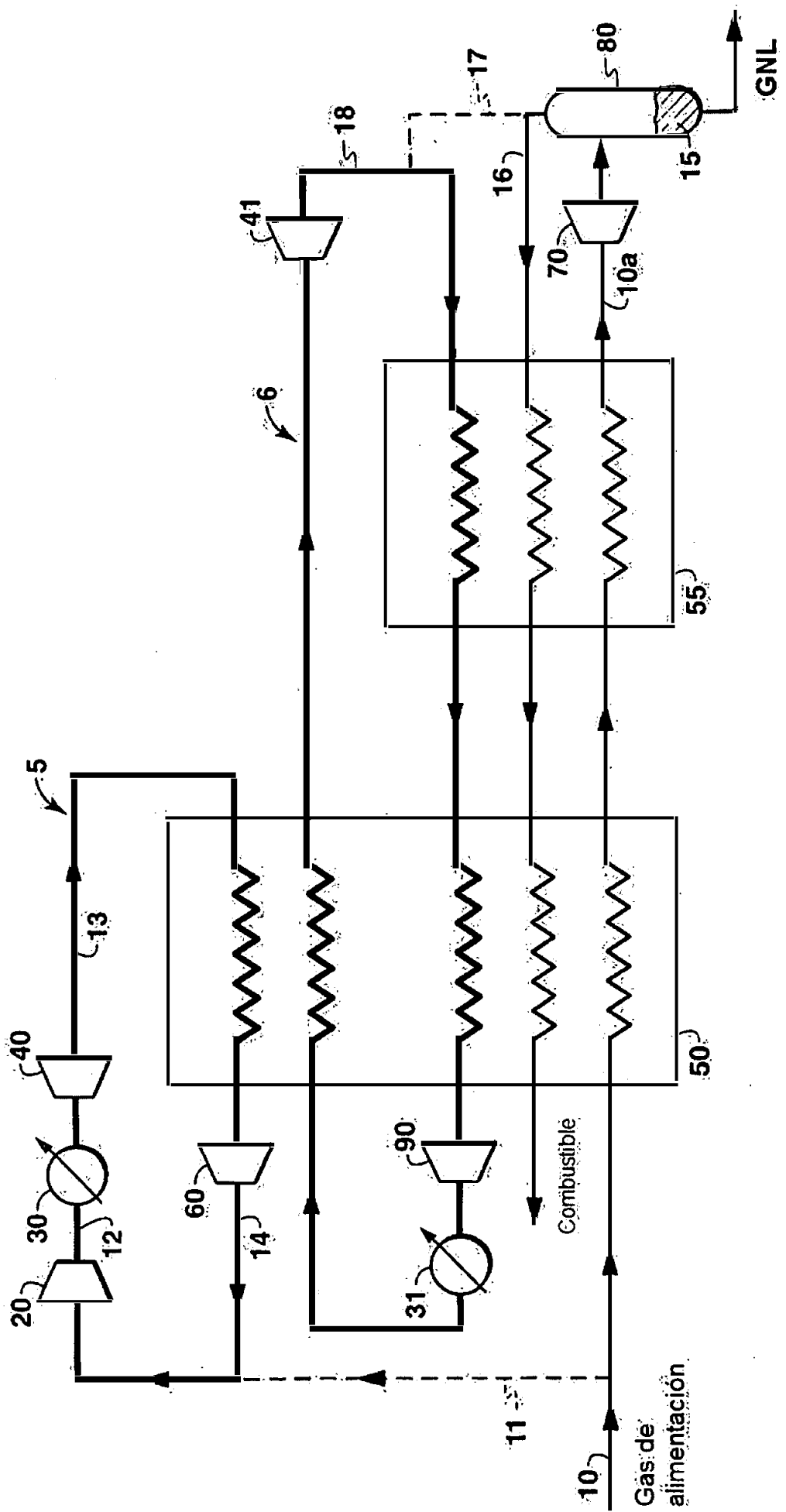


FIG. 1

2/11

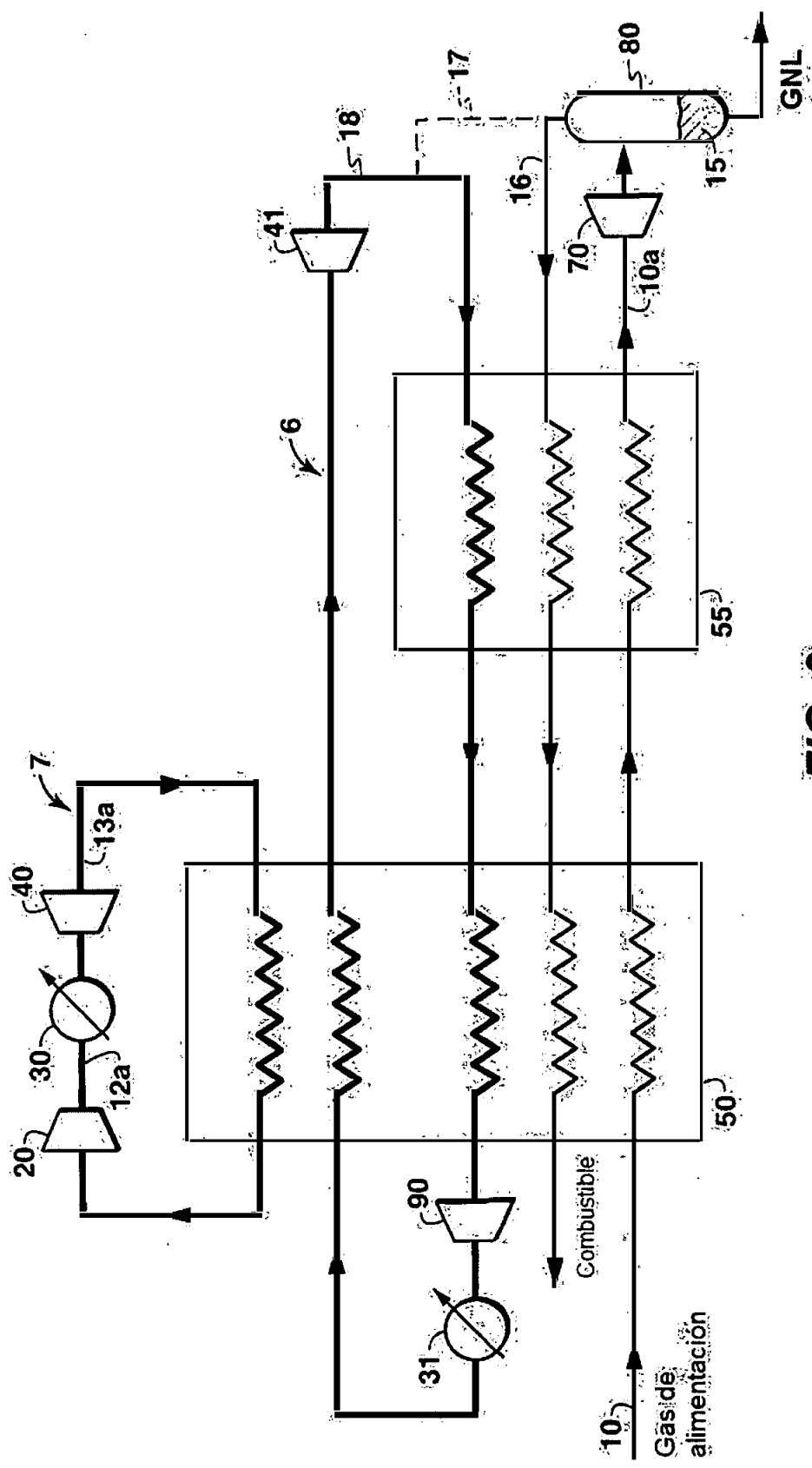


FIG. 2

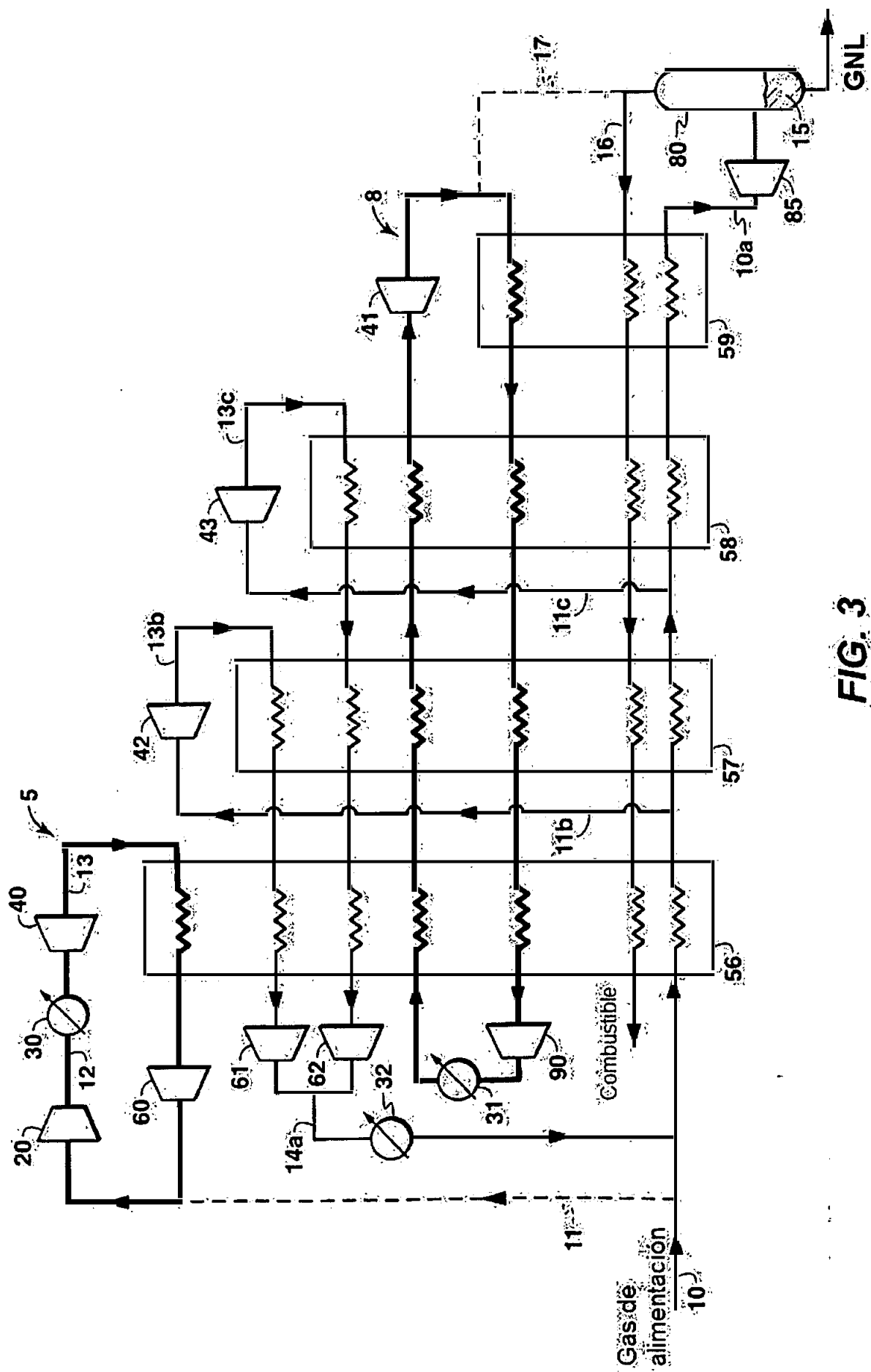


FIG. 3

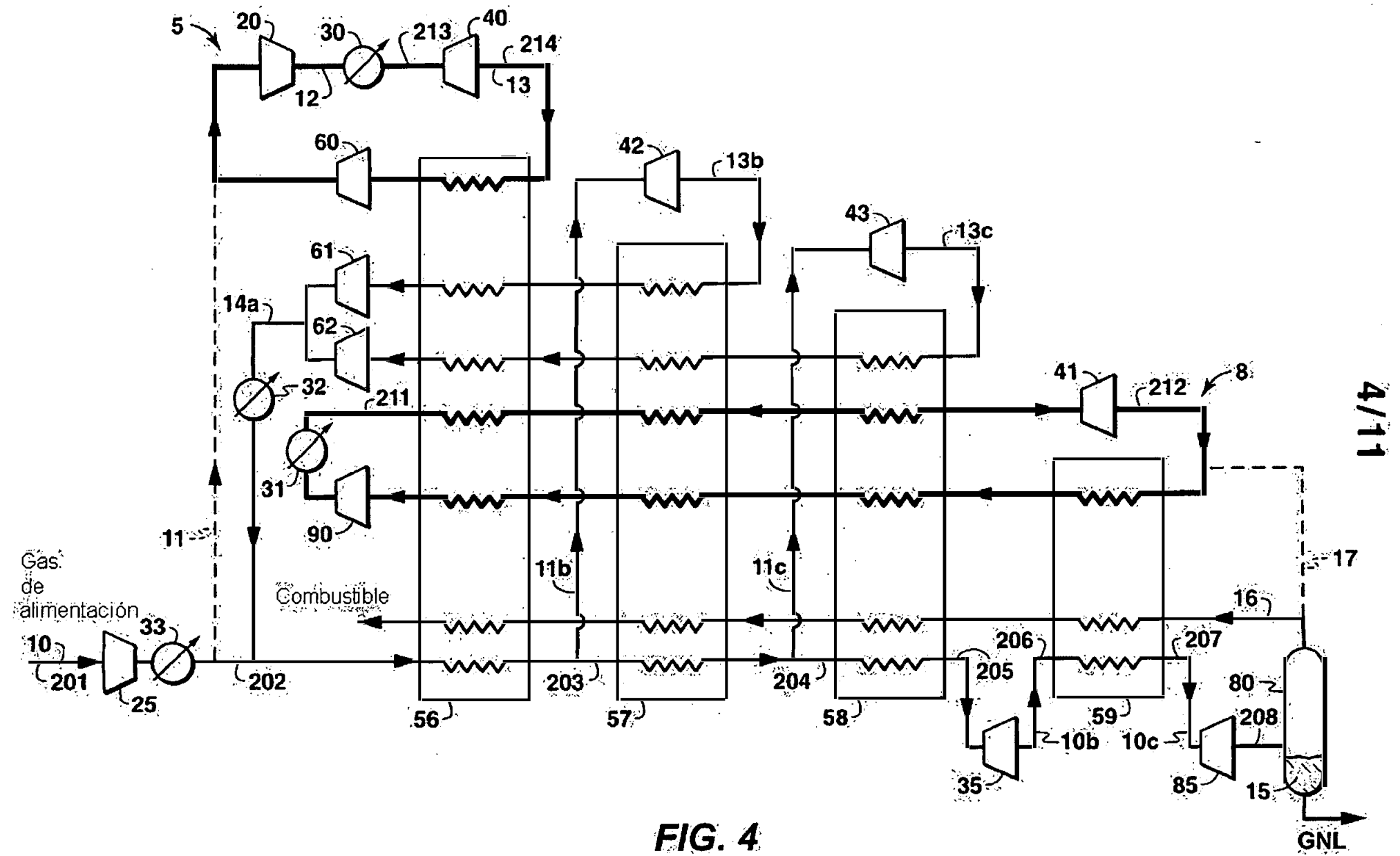
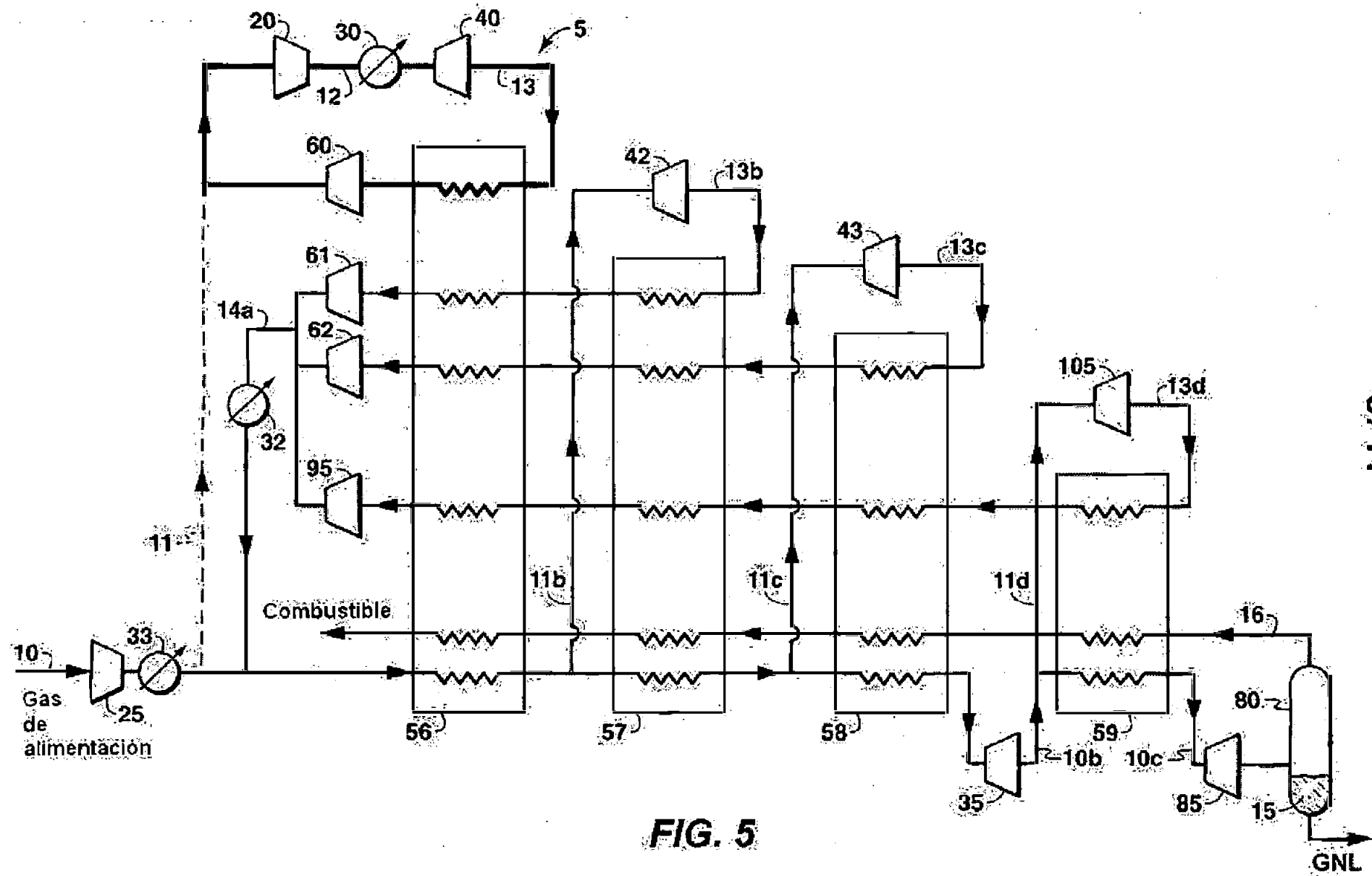


FIG. 4



5/11

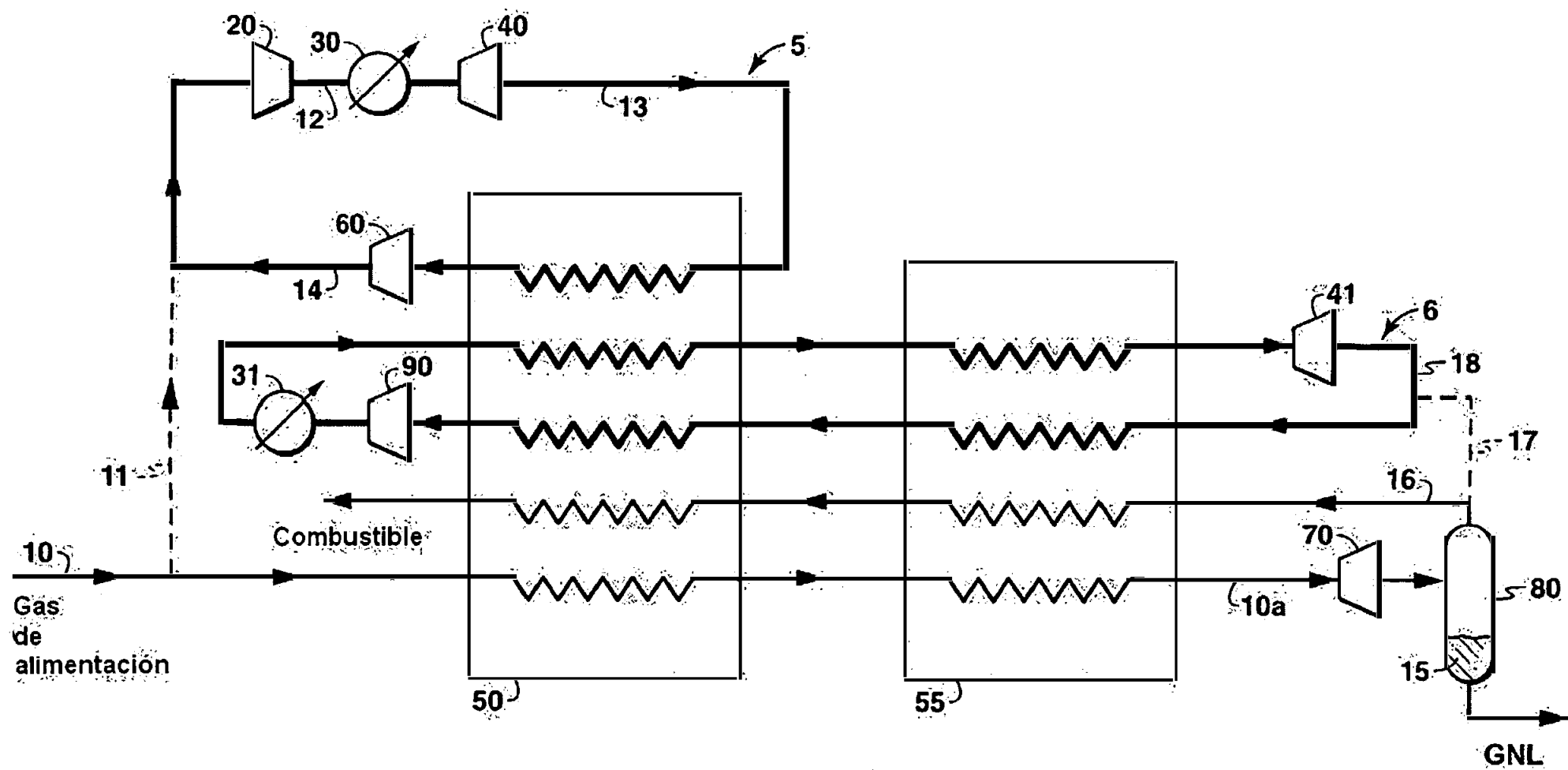


FIG. 6

6/11

89

7/11

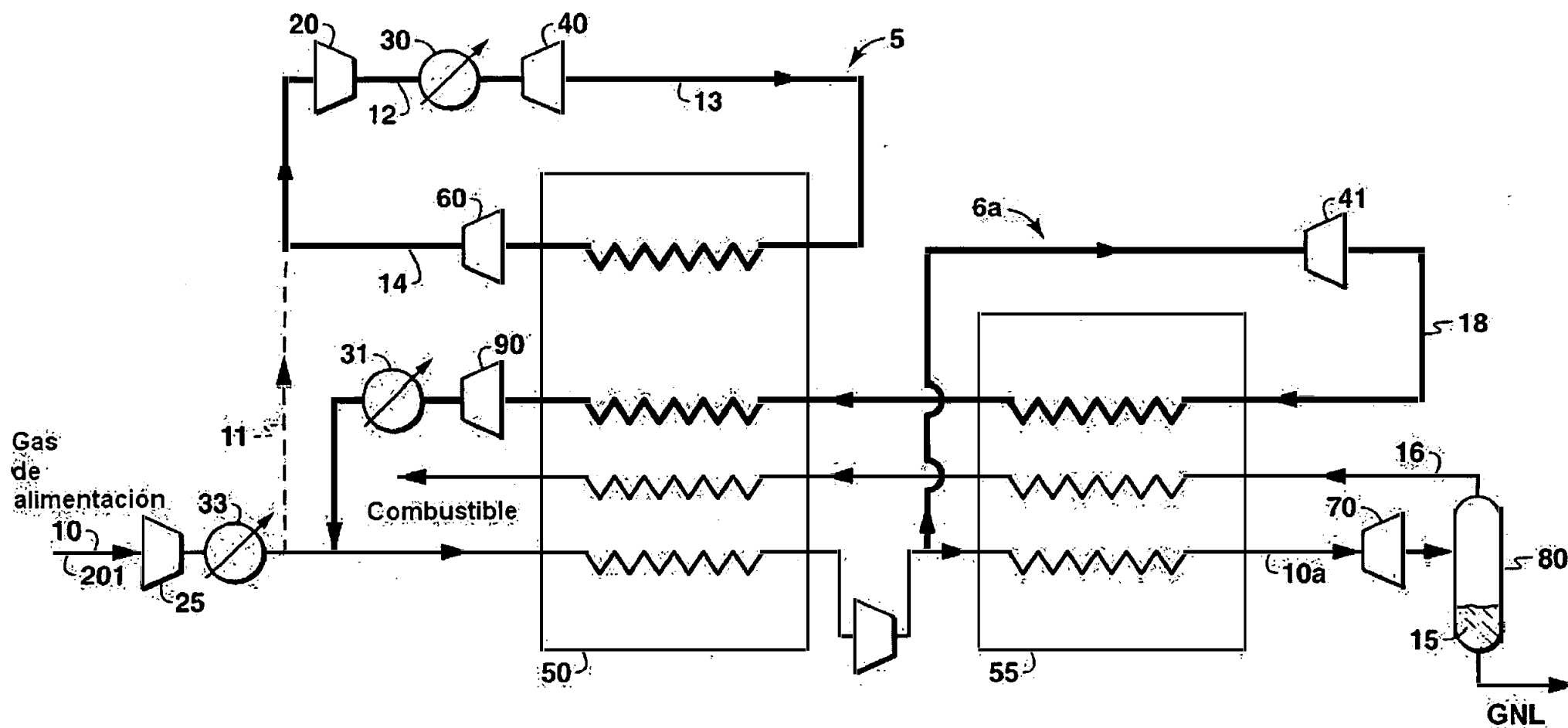


FIG. 7

61

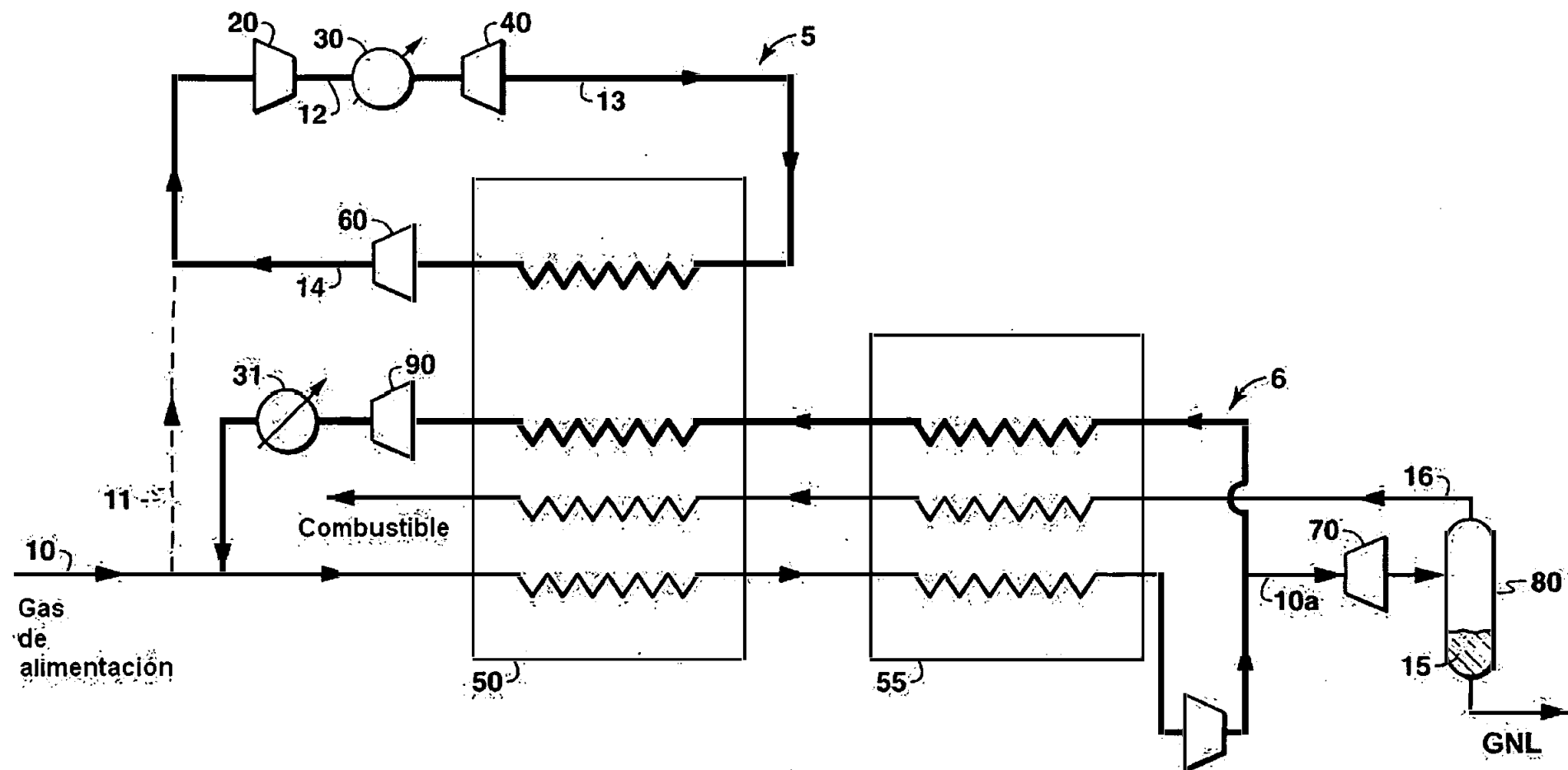


FIG. 8

60

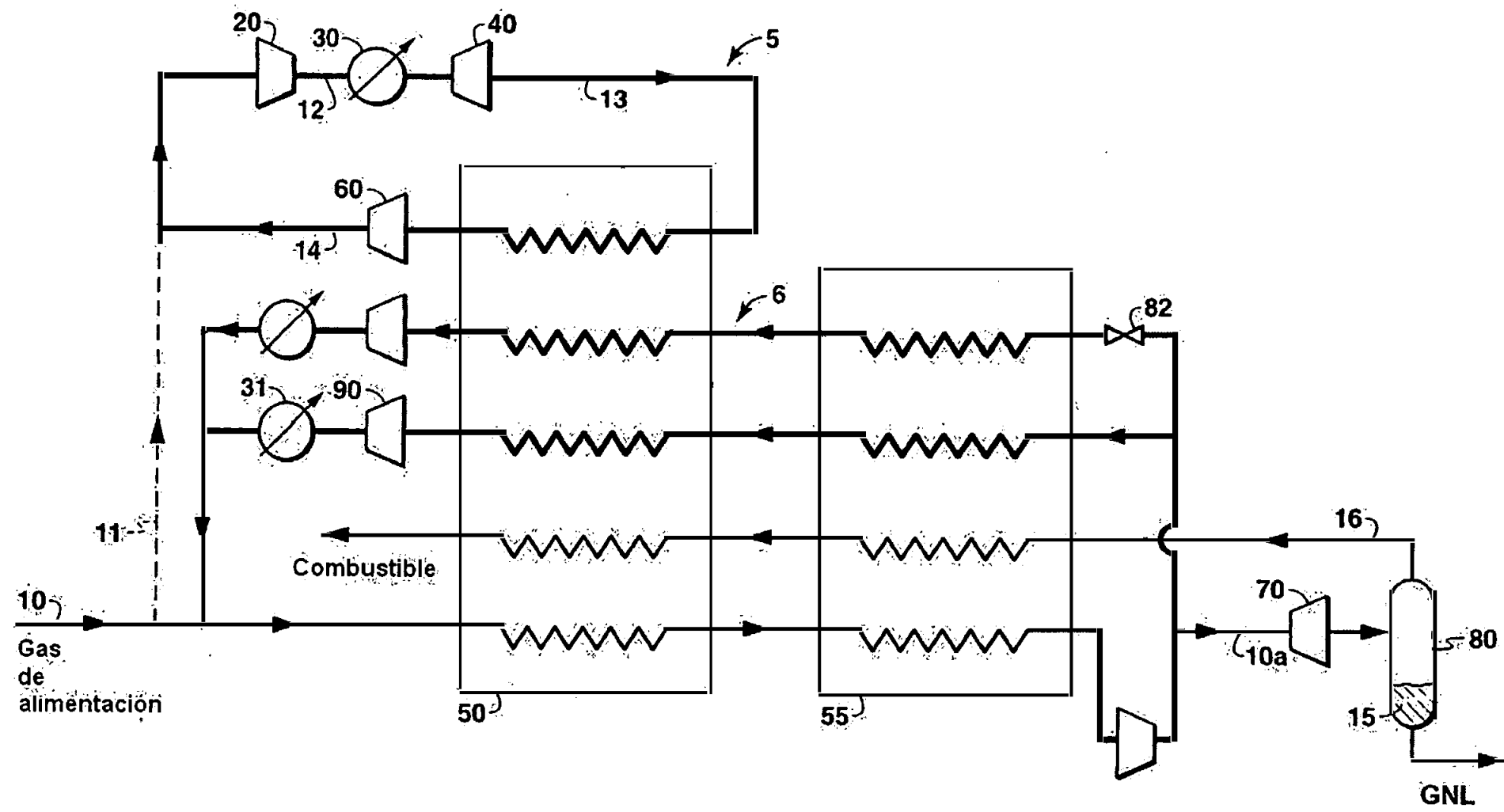


FIG. 9

9/11

63

10/11

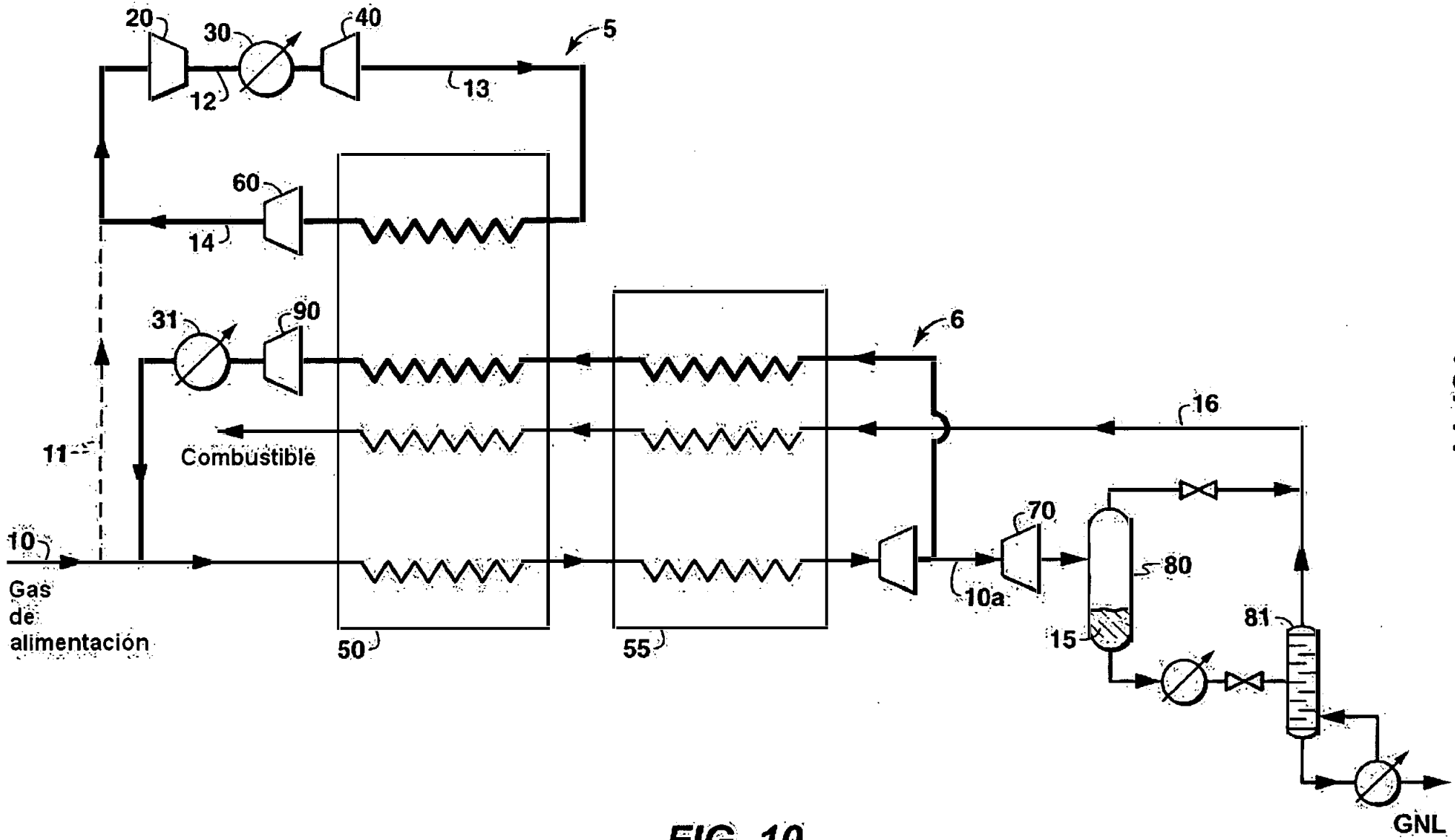


FIG. 10

64

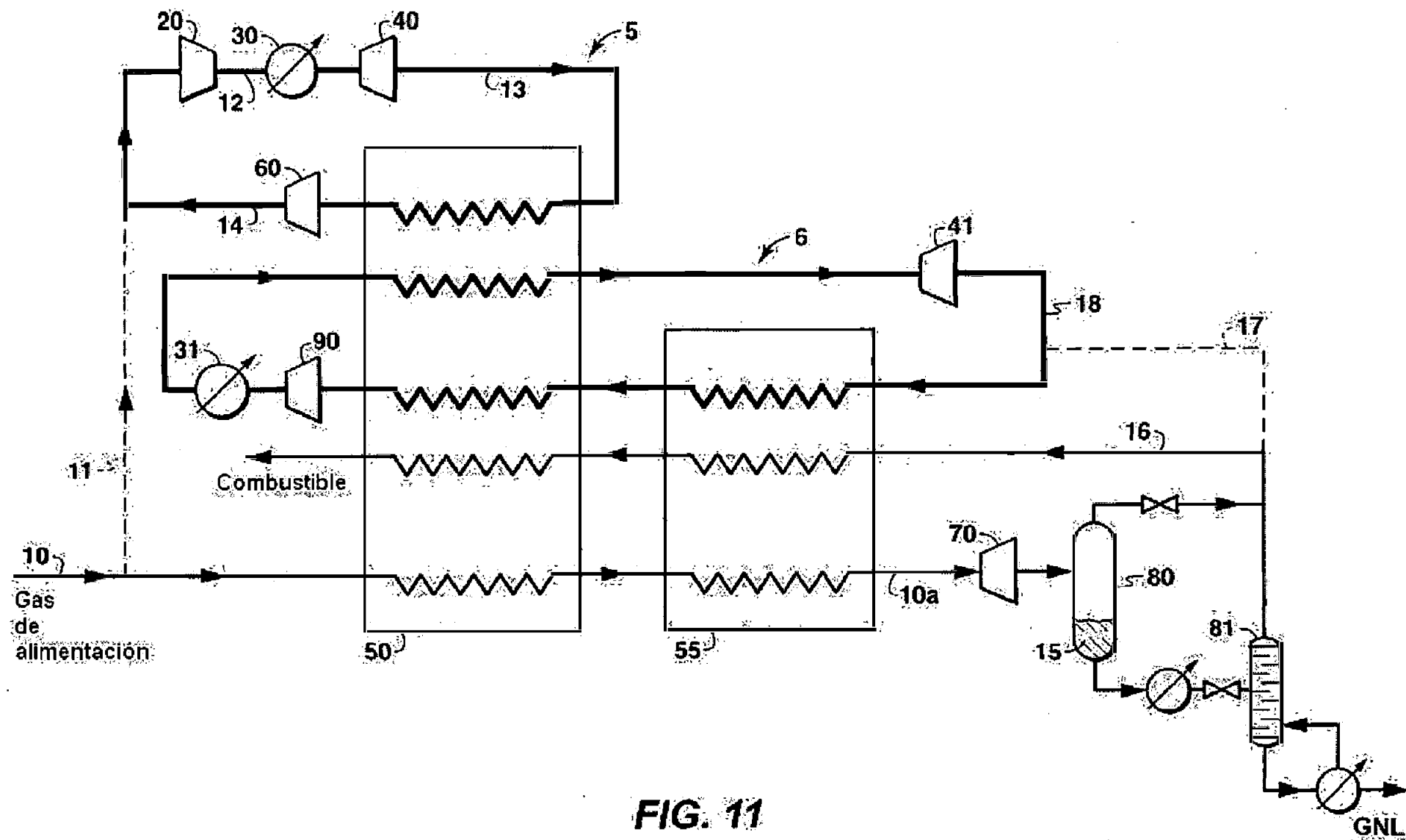


FIG. 11

11/11