

AÑO

Expediente n.º **249143**



# REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

**PATENTE DE** INVENCIÓN.

## MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de

una **PATENTE DE** INVENCIÓN por 20 años, en España

a favor de

CONSTOCK INTERNATIONAL METHANE LIMITED, de nacionalidad  
entidad norteamericana domiciliado en 30 Rockefeller Plaza,  
Nueva York, (N.Y.), EE.UU. de A. núm.

por:

« Procedimiento para el tratamiento de gases naturales »

N.º 14867

Agente Sr. Gómez-Acebo y Modet.

PATENTE DE INVENCION



Case No. 70 & 99.

**249143**

## *Memoria Descriptiva*

*sobre:*

"Procedimiento para el tratamiento de gases naturales".

=====

*Solicitante:* CONSTOCK INTERNATIONAL METHANE LTD., entidad norteamericana, residente en 30 Rockefeller Plaza, NUEVA YORK, (N.Y.), EE. UU. de A.

=====

Este invento se refiere al empleo de gas natural como combustible para la producción de calor y/o energía, y se relaciona más especialmente con la conversión del gas natural desde el estado líquido al gaseoso y a la modificación de dicho gas para

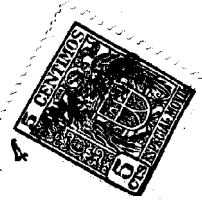
5.



249143

reducir su potencia calorífica por unidad de volumen, y variar la densidad de los vapores de gas natural, para adaptarse a especificaciones existentes.

- En ciertas localidades, el gas natural se encuentra disponible en cantidades considerablemente superiores a la demanda en dichas localidades, mientras que en otros puntos, existe una acusada deficiencia en la cantidad de gas natural disponible para el uso. Así, se ha desarrollado una gran industria para el transporte de gas natural desde el sitio de origen en gran cantidad a zonas en las que existe una deficiencia. En su mayor parte, cuando el punto de suministro elevado está unido por tierra con las zonas en las que existe la deficiencia, el transporte puede realizarse económicamente por medio de tuberías, y similares en las que el transporte se lleva a cabo mientras el gas conserva su estado gaseoso. Cuando la zona que adolece de deficiencia está algo aislada o cuando el punto de suministro y la zona en que existe la deficiencia están separadas por una gran masa de agua, el transporte por tuberías no resulta práctico. En el último caso, la industria se halla en la fase de desarrollo y en ella el gas natural se liquida en el punto de suministro y se transporta en estado líquido a la zona en que existe la deficiencia, donde se liquida de nuevo el gas para utilizarlo. Por la conversión del gas natural desde el estado gaseoso al líquido, resulta posible transportar hasta 600 veces más gas en un espacio dado, para hacer así más práctico el transporte.
- 5.
  - 10.
  - 15.
  - 20.
  - 25.
  - 30.



249143

El transporte se realiza con el gas natural licuado, alojado en grandes depósitos aislados, aproximadamente a la presión atmosférica o ligeramente por encima de ella, y con el gas natural a una temperatura de aproximadamente  $-150^{\circ}$  a  $-162^{\circ}\text{C}$ . La última temperatura representa la temperatura de ebullición para el metano a la presión atmosférica. Sin embargo, dado que el gas natural tiene pequeñas cantidades de hidrocarburos más densos y de punto de ebullición superior, tal como etano, propano, butano y similares, el gas licuado se caracterizará por una temperatura de ebullición algo más alta, dependiente de la cantidad de hidrocarburos más densos. Para los fines de aclaración y discusión, se supondrá que el análisis de un gas natural es el siguiente. Debe tenerse presente que la composición puede variar, pero que el metano constituirá corrientemente la máxima proporción del gas.

Componentes

	CH <sub>4</sub>	71.23
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	13.65
20.	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	9.10
	iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2.20
	nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2.25
	iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.68
	nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.33
	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.34
	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0.22
	CO <sub>2</sub>	-
	CO	-
	H <sub>2</sub>	-
25.	H <sub>2</sub> O	-
	N <sub>2</sub>	-
	O <sub>2</sub>	-

Un gas natural que tenga la composición anterior o análoga, tendrá una potencia calorífica que puede ser muy superior a la especificación para un gas



249143

5. a utilizar en equipo existente, que puede haber sido proyectado para el empleo con el gas que con anterioridad podía encontrarse en todo el territorio. Así, además de la revaporización del gas natural licuado, resulta conveniente, reformar, con preferencia simultáneamente, el gas para el contenido de calor y la densidad especificadas para el equipo que se encuentra en el territorio a suministrar.

10. Por tanto, constituye un objeto de este invento el proporcionar un medio y un método para la revaporización y reconstitución del gas natural licuado, con objeto de usarlo como combustible en la producción de calor y/o energía.

15. Este y otros objetos y ventajas de este invento, aparecerán a continuación y para la aclaración y no para la limitación, en los dibujos adjuntos se representa un tipo de este invento.

20. La fig. 1 es una parte de un esquema de circulación que representa una aplicación práctica de este invento.

25. La fig. 2 es una continuación del extremo derecho de la fig. 1, de tal modo que las figs. 1 y 2 combinadas, constituyen un esquema completo de circulación, que representa la aplicación práctica de este invento.

La fig. 3 es una parte de un esquema de circulación, que representa un tipo modificado del invento, y

La fig. 4 es un esquema de circulación representativo de la aplicación práctica de este invento.

30. Para los fines de representación de los princi-



249143

pios de este invento, se supondrá que la especificación para el gas a usar en el territorio a suministrar, corresponde a un gas que tenga una potencia calorífica bruta de 540 unidades térmicas británicas por pié cúbico.

5. Se comprenderá que las ideas a continuación expuestas para el ajuste de la densidad del gas y para la reducción de la potencia calorífica por unidad de volumen pueden emplearse para la revaporización del gas natural licuado y para reformar el gas natural dándole otros niveles de densidad y potencia calorífica, sin separarse del espíritu de este invento.
- 10.

- De acuerdo con la práctica de este invento, el gas natural se reforma dándole la densidad deseada y la potencia calorífica conveniente, por dilución de los vapores del mismo con aire y con hidrógeno como componentes principales, junto con monóxido y dióxido de carbono, subproductos del proceso de reforma. El hidrógeno, que tiene una densidad de 0,07, puede usarse para la dilución con objeto de reducir la densidad específica, pero las cantidades necesarias para dilución con hidrógeno solo, serían insuficientes para reducir al nivel deseado la potencia calorífica del gas mezclado. Así, los conceptos de este invento consisten en la adición de hidrógeno y nitrógeno del aire en proporciones deseadas al gas natural, para obtener las características deseadas de potencia calorífica y densidad específica, y en el medio para la incorporación eficiente y económica de dichos componentes gaseosos partiendo de materiales fácilmente disponibles.
- 15.
- 20.
- 25.

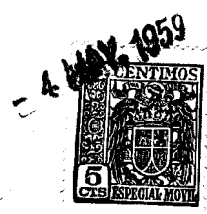
30. En una aplicación de este invento, a continuación



249143

denominada "método de alta presión", el gas natural licuado se bombea desde los depósitos de conservación, por la tubería 4, a una presión absoluta de 12,95 kg/cm<sup>2</sup> a un cambiador de calor o vaporizador 6, adecuado, como se indica en la fig. 2. El gas natural licuado que se introduce en el vaporizador 6, tendrá una temperatura de -155°C. aproximadamente. Al pasar el gas natural licuado a través del vaporizador 6, se transmite una cantidad suficiente de calor al citado gas por un ciclo cerrado de propano, como se describe más adelante, para dar lugar a una revaporización del gas natural. Así, el gas natural que sale del vaporizador 6 por la tubería 8, estará en forma de vapor y, con preferencia, se calienta en grado tal que el vapor tenga una temperatura de alrededor de 4,4°C. Puede observarse también que la caída de presión del gas natural que circula a través del vaporizador 6, será bastante menor, de tal modo que la presión del gas en la tubería 8 será de 12,6 kg/cm<sup>2</sup>.

El propano se hace circular a través del vaporizador 6 y de otro vaporizador 10, por las tuberías 12 y 14 para transmitir alternativamente calor del y al propano. Con preferencia, el propano se hace circular por las tuberías 12 y 14, a una presión de unos 5,6 kg/cm<sup>2</sup> y a una temperatura de 11°C. aproximadamente. Al propano, al atravesar el vaporizador 10, se le aplica calor suficiente para descargarlo por la tubería 14 en estado de vapor como se describe más adelante. Cuando el propano atraviesa el vaporizador 6, el calor latente se transmite del propano al gas natural, de tal modo que este último se revaporiza y el propano se condensa. El



249143

- propano condensado que sale del vaporizador 6 se hace retroceder por la tubería 12, al vaporizador 10. Puede observarse además, que cuando el vaporizador 6 está situado físicamente por encima del vaporizador 10, el
5. propano puede hacerse circular por las tuberías 12 y 14 por la acción de la gravedad, con el propano condensado dirigiéndose hacia abajo desde el vaporizador 6 al vaporizador 10 y los vapores de propano ascendiendo desde la tubería 14 al vaporizador 6.
  10. La corriente de gas natural revaporizado, que circula por la tubería 8 desde el vaporizador 6, se subdivide en tres corrientes separadas. Una corriente de gas a reformar se dirige por la tubería 18, una corriente de gas combustible se desplaza por una tubería 20, y una corriente de gas a mezclar se dirige por la tubería 22. Como los nombres indican, la corriente de gas a reformar se transforma en un gas portador que tiene una baja potencia calorífica; la corriente de gas combustible se utiliza para proporcionar calor para la reforma de la corriente de gas a reformar, y la corriente de gas a mezclar; se utiliza para mezclarse con el gas portador en la formación de un gas preparado, de una potencia calorífica predeterminada, todo como se detallará luego.
  20. La corriente de gas a reformar de la tubería 18, se mezcla primero con agua que se dirige a la tubería 18 desde una tubería 24. El agua, inicialmente mezclada con la corriente de gas a reformar, está con preferencia a una temperatura de 35°C. aproximadamente y tiene una presión absoluta suficientemente elevada, tal como
  25. La corriente de gas a reformar de la tubería 18, se mezcla primero con agua que se dirige a la tubería 18 desde una tubería 24. El agua, inicialmente mezclada con la corriente de gas a reformar, está con preferencia a una temperatura de 35°C. aproximadamente y tiene una presión absoluta suficientemente elevada, tal como
  30. La corriente de gas a reformar de la tubería 18, se mezcla primero con agua que se dirige a la tubería 18 desde una tubería 24. El agua, inicialmente mezclada con la corriente de gas a reformar, está con preferencia a una temperatura de 35°C. aproximadamente y tiene una presión absoluta suficientemente elevada, tal como

249143



14 kg/cm<sup>2</sup> para entrar en la tubería 18. La mezcla de gas a reformar y agua, se dirige, por la tubería 18, a un aparato adecuado de caldeo previo 26, en el que se aplica calor al gas y al agua para vaporizar esta

5. parcialmente. Al gas a reformar y al agua, que constituyen la mezcla, se les aplica calor en el aparato de caldeo previo 26, por el gas portador, como se describirá detalladamente más adelante. Una composición típica de la mezcla que <sup>se</sup> descarga del aparato 26 de caldeo previo, por la tubería 28, es la siguiente:

	<u>Componente</u>	<u>Mols %</u>
	CH <sub>4</sub>	17.32
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3.32
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.21
15.	iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.53
	nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.55
	iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.17
	nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.08
	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.08
20.	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0.05
	H <sub>2</sub> O	75.69

A continuación se mezcla aire con la corriente que circula por la tubería 28, para suministrar nitrógeno y oxígeno al gas y al agua mezclados. El aire se suminis-

25. tra por un compresor adecuado 30, provisto de un filtro 32, como se indica en la fig. 1. El compresor eleva la presión del aire a 14 kg/cm<sup>2</sup>, de tal modo que el aire se dirigirá por la tubería 34 al interior de la tubería 28. La temperatura del aire será de 116°C. aproximadamente,
30. para conseguir que no disminuya la temperatura



24.43

de la corriente en la tubería 28. Una composición típica de la mezcla de gas y agua que constituye la corriente que circula por la tubería 28, después de la mezcla de aire procedente de la tubería 34 es la siguiente:

	<u>Componente</u>	<u>Mols %</u>
5.	CH <sub>4</sub>	12.84
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2.46
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.64
	iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.40
10.	nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.41
	iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.12
	nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.06
	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.06
	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0.04
15.	H <sub>2</sub> O	56.69
	N <sub>2</sub>	19.97
	O <sub>2</sub>	5.31

La corriente de gas y agua mezclados, se hace pasar a través de un cambiador de calor adecuado 36, con lo cual la temperatura de la corriente se eleva a unos 154°C. y se vaporiza la mayor parte del agua componente. Al cambiador de calor 36, se le suministra calor por el vapor producido en el horno de reforma 38 (fig. 1) como se describirá detalladamente a continuación. La corriente de mezcla de gas y agua que sale del cambiador de calor 36, se dirige, por una tubería 40 a otro aparato de caldeo previo 42, como se indica en la fig. 1. Sin embargo, antes de llegar al aparato de caldeo previo 42, la corriente de mezcla de gas y agua se mezcla nuevamente con vapor inyectado en la tubería 40



249143

- por una tubería 44. Por esta tubería 44, se dirige una cantidad apreciable de vapor para mezclarse con la corriente de la tubería 40, aunque la circulación masiva de vapor por la tubería 44 es inferior a la circulación masiva del
5. agua previamente inyectada en la corriente de gas a reformar, por medio de la tubería 24. Por ejemplo, cuando desde la tubería 24 se inyectan 91,798 kg. de agua por hora, en la corriente de gas a reformar, solamente se inyectan 27,648 kg. de vapor/hora, por la tubería 44,
10. en la corriente de mezcla de gas y agua de la tubería 40.
- El aparato 42 de caldeo previo, se calienta por el gas portador, como se describirá, con objeto de elevar la temperatura de la corriente de mezcla de gas y agua introducida en el aparato citado, a unos 538°C.
15. Así, se vaporiza todo el componente de agua de la corriente que penetra en el aparato de caldeo previo 42, con objeto de proporcionar un gas mezclado que se descarga desde el calorífero 42 por la tubería 46. La corriente de gas mezclado que circula por la tubería
20. 46, tiene proporciones apreciables de hidrocarburos, H<sub>2</sub>O, nitrógeno y oxígeno, y su composición es la siguiente:



249143

	<u>Componente</u>	<u>Mols %</u>
	CH <sub>4</sub>	10.99
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2.11
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.40
5.	iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.34
	nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.35
	iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.11
	nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.05
	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.05
10.	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0.03
	H <sub>2</sub> O	62.94
	N <sub>2</sub>	17.09
	O <sub>2</sub>	4.54

15. Debe observarse además, que la presión de la mezcla solo se reduce ligeramente por su paso a través del calorífero 42, de tal modo que la presión de la corriente de gas mezclado en la tubería 46 es de 10,5 kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente. Esta corriente de gas mezclado se introduce en los tubos del horno de reforma 38, para

20. proporcionar una reacción de los componentes de la corriente de gas mezclado. El horno 38 de reforma, es de cualquier construcción adecuada que proporcione una reacción catalítica de la corriente de gas mezclado en las condiciones existentes de temperatura y presión.

25. Por ejemplo, los tubos de reacción del horno 38, pueden contener un catalizador de níquel u otro cualquier agente catalítico adecuado, con el gas mezclado introducido en los tubos de reacción. Puede también observarse que la corriente de gas combustible de la tubería

30. 20 se quema en el horno de reforma 38, para suministrar



249143

el calor necesario para la reacción catalítica de la corriente de gas mezclado. El horno 38 produce un gas portador que tiene una temperatura de 715°C.

5. aproximadamente y contiene cantidades apreciables de hidrógeno, agua, nitrógeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono, junto con una pequeña proporción de los hidrocarburos no convertidos; la composición típica del gas que se descarga del horno 38 por la tubería 48 es la siguiente:

	<u>Componente</u>	<u>Mols %</u>
10.	CH <sub>4</sub>	4.10
	CO <sub>2</sub>	7.64
	CO	6.10
	H <sub>2</sub>	35.84
15.	H <sub>2</sub> O	33.33
	N <sub>2</sub>	12.99

20. Como se observará en el análisis anterior de la composición, la mayor parte del metano y todos los hidrocarburos pesados del gas mezclado introducido en el horno 38, han sufrido la conversión. El efecto real de la reacción en el horno de reforma 38, es producir un gas portador en el que el volumen aumenta alrededor del 140% con respecto al gas mezclado que se introdujo en el horno.

25. La corriente de gas portador de la tubería 48, se dirige primero a través del calorífero 42, para caldear previamente la corriente de gas mezclado suministrada al horno 38, como antes se indicó. El gas portador se dirige luego, por una tubería 50, a un cambiador 52 del agua de alimentación de la caldera,

30.



249143

5. en el que el agua de alimentación de la caldera, que se dirige a una sección de caldera del horno 38, se caldea previamente, como luego se describirá. La temperatura del gas portador que entra en el cambiador 52, es de unos 210°C., y la temperatura del gas portador que sale del cambiador de calor 52 es de unos 135°C.

10. El gas portador que sale del cambiador 52, se dirige, por una tubería 44, a un refrigerador adecuado 56 (ver fig. 2), en el que la temperatura de dicho gas portador se reduce más todavía a 116°C. aproximadamente, y se condensa una parte del vapor de la corriente de gas portador. El refrigerador 56, con preferencia, se enfría con aire, aunque puede usarse cualquier otro medio. La corriente enfriada de gas portador, se dirige desde el refrigerador 56 a un separador 58 en el que puede eliminarse el condensado de la corriente y descargarse por una tubería 60.

20. El vapor restante que figura en la corriente de gas portador, se descarga de la parte superior del separador 58 por una tubería 62 y se dirige al calorífero 26 para calentar previamente la mezcla del gas a reformar y agua, como antes se describió. A continuación, el gas portador se dirige, por una tubería 64, a otro separador 66. La temperatura del gas portador dirigido a través del calorífero 26, se reduce a 105°C. aproximadamente, de tal modo que se condensa una nueva porción del vapor de la corriente de gas portador. Este condensado se separa en el separador 66 y se descarga por una tubería 68.

25.

30.

249143



- La corriente de gas portador se descarga de la parte superior del separador 66 y, por una tubería 70, se dirige al vaporizador de propano 10, para suministrar calor al ciclo cerrado de propano, como antes se describió.
5. La temperatura del gas portador que pasa a través del vaporizador de propano 10, se reduce de 105°C. a unos 35°C. y se transmite, del gas portador al propano, una cantidad de calor suficiente para revaporizar el gas natural licuado, en el vaporizador 6, como antes se describe.
  10. El gas portador que sale del vaporizador 10 de propano se dirige, por una tubería 72, a un aparato combinado de cambiador de calor y separador 74. Se observará también que la corriente de gas mezclado dirigido, por la tubería 22, se introduce a través del lado de cubierta del dispositivo 74, mientras que
  15. el gas portador se dirige a través de los tubos de dicho dispositivo. Así pues, la corriente de gas mezclado enfriará más aún la corriente de gas portador y completará la condensación del vapor de esta última corriente.
  20. El condensado se retira del extremo inferior del dispositivo 74, por una tubería de descarga 76. El gas portador que sale del extremo superior del dispositivo 74 por una tubería 78, se mezcla con la corriente de gas mezclado que sale del lado de cubierta del
  25. dispositivo 74, a través de una tubería 80, para formar el gas preparado. Las corrientes de las tuberías 78 y 80, se combinan en una tubería 82 que puede dirigirse a una tubería de distribución o gasoducto, o a un sistema de combustible, según que el sistema descrito
  30. esté situado en la zona en que ha de usarse el gas



249143

5. preparado, o se encuentre en un punto distante de la zona de empleo. En una instalación crítica, el gas preparado que circula por la línea 82 tendrá una potencia calorífica de 540 unidades térmicas británicas, y un peso específico de 0,6. Puede observarse también que el gas portador ha descendido en presión desde 10,5 kg/cm<sup>2</sup> a 7,0 kg/cm<sup>2</sup>, al pasar a través del horno 38 y demás equipo, a la tubería 82.

10. Como anteriormente se indicó, el horno de reforma 38, tiene una sección de caldera 84 (fig. 1) para utilizar el exceso de calor desarrollado en el horno. El agua de alimentación para la caldera 84, se bombea por una tubería 86, al cambiador de calor de agua de alimentación de la caldera 52, como antes se describió, de tal modo que el calor del gas portador puede usarse para calentar previamente el agua de alimentación de la caldera. En una instalación típica, la temperatura del agua de alimentación de la caldera puede elevarse desde alrededor de 35°C. a unos 177°C., al pasar a través del cambiador de calor 52. El agua de alimentación de la caldera, que sale del cambiador 52 se dirige por una tubería 88, a un tambor de vapor 90 que comunica con la sección de caldera 84 del horno 38. La tubería corriente de salida 92 de la caldera, se prolonga desde el tambor de vapor 90, para descargar líquido del mismo cuando sea preciso.

20. El vapor producido en la sección 84 del horno 38, se descarga del tambor de vapor 90 por una tubería 94 para suministrar vapor a la tubería 44 y al cambiador de calor 36 (fig. 2). La mayor parte del vapor que se

25.

30.

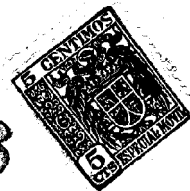


249143

- descarga del tambor de vapor 90, pasa a través del cambiador de calor 36, en el que el calor latente del vapor se transmite a la mezcla de gas y agua que atraviesa el cambiador de calor 36, como antes se describió. La
5. pérdida de calor en el cambiador de calor 36 condensa el vapor, y el condensado se descarga del cambiador de calor 36 por una tubería 96 a cualquier punto de aprovechamiento (no representado). El condensado de los
10. separadores 58 y 66, así como del dispositivo 74, se hace pasar a la tubería 96 a través de las tuberías 60, 68 y 76, como antes se describió. Puede observarse también que aunque el condensado transportado por la tubería 96 se indica en el esquema de circulación de
15. las figs. 1 y 2 como aprovechado solamente, dicho condensado, como se comprenderá, puede también volverse a utilizar, por lo menos parcialmente, como agua de alimentación de la caldera. Además, el condensado descargado por la tubería 96 estará a una temperatura de unos 137°C. para proporcionar un suministro aprecia-
20. ble de calor que puede usarse de distintos modos en un sistema comercial con este invento acoplado.

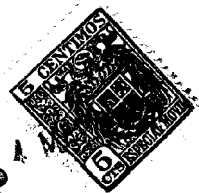
- Como anteriormente se indicó, la mayor parte del vapor que se descarga del tambor de vapor 90, se dirige al cambiador de calor 36. Sin embargo, una
25. pequeña porción de este vapor se desvía por la tubería 44 para mezclarse con la mezcla de gas y agua de la tubería 40, en la formación de la corriente de gas mezclado que se introduce en el horno de reforma 38. La sección 84 de caldera del horno 38, proporcionará
30. por lo menos la mayor parte del vapor necesario. El

249143



vapor de corrección que pueda precisarse, se introduce en la tubería 94 desde una caldera auxiliar adecuada (no representada) por una tubería 98 como se representa en la fig. 1.

5. De lo anterior resulta evidente que el método representado por el esquema de circulación de las figs. 1 y 2, proporciona un tratamiento completo para transformar un gas natural licuado en un gas preparado que tenga una potencia calorífica reducida. En otros
10. términos, el método representado en las figs. 1 y 2 combina la revaporización de un gas natural licuado con una nueva formación del gas natural, de tal modo que el calor desarrollado en la parte reformadora del método puede utilizarse en la revaporización del gas
15. natural licuado. Este tipo de sistema resulta especialmente útil cuando la zona de empleo se halla próxima al punto en que el gas natural licuado se encuentra disponible, tal como cerca de un puerto de mar, cuando el gas natural licuado se transporta por embarcaciones.
20. Los peritos en la materia comprenderán, sin embargo, que la revaporización del gas natural licuado, puede realizarse en un punto alejado de aquél en que el gas natural se transforma en un gas preparado de potencia calorífica reducida. En este último caso, el calor
25. necesario para la revaporización del gas natural licuado, se obtendrá de un origen exterior, tal como aire o agua de mar, en lugar de la operación de reforma o corrección. El gas natural revaporizado se transportará luego por tubería y se subdividirá en las corrientes
30. de gas a reformar, gas combustible y gas mezclado,



249143

después de lo cual la reforma o corrección puede realizarse del mismo modo que se ha descrito en relación con las figs. 1 y 2.

5. La fig. 3 representa un sistema modificado en el que se supone que la corriente de gas a reformar se ha mezclado con agua, aire y vapor para proporcionar una corriente de mezcla de gas y agua en la tubería 100 a una presión adecuada que, como anteriormente, es, preferiblemente, de  $2,8 \text{ kg/cm}^2$ . La corriente de mezcla de gas y  
10. agua que circula por la tubería 100, se hace pasar a través de un cambiador de calor 102, en el que el agua componente de la muestra constitutiva de la corriente de gas y agua, se vaporiza por completo para proporcionar un gas mezclado en la tubería 104 a una temperatura de  
15. unos  $538^{\circ}\text{C}$ . El cambiador de calor 102 se calienta por el gas del tratamiento que descarga desde el horno de reforma 106 como se describirá.

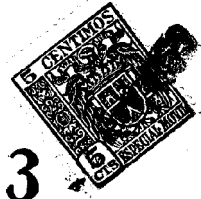
20. El gas mezclado de la tubería 104, se introduce en los tubos del horno de reforma 106 para una reacción catalítica del tipo antes descrito, para convertir el gas mezclado en un gas de tratamiento que tiene un volumen apreciablemente superior. Los tubos del horno de reforma 106, se calientan quemando un gas combustible transportado por la tubería 108, del mismo modo descrito en relación  
25. con las figs. 1 y 2.

30. El gas de tratamiento que se descarga de los tubos del horno de reforma 106, estará a una temperatura de unos  $715^{\circ}\text{C}$ . y se traslada por una tubería 110 al cambiador de calor 102 utilizado para el caldeo previo del gas mezclado que se introduce en el horno de reforma o corrección.



249143

- El gas de tratamiento que sale del cambiador 102 por la tubería 112 se enfría con agua procedente de una tubería 114, por lo cual el contenido de  $H_2O$  del gas de tratamiento en la tubería 112 se eleva hasta aproximadamente 50 mols por ciento. El gas de tratamiento se hace pasar entonces a un convertidor de "desviación" o reactor 116 adecuado, en el que el monóxido de carbono y el agua del gas de tratamiento reaccionan para formar hidrógeno y dióxido de carbono y aumentan apreciablemente el volumen del gas de tratamiento introducido en el reactor mencionado.
5. Se prefiere que la temperatura del gas de procedimiento que se introduce en dicho reactor sea de unos  $399^{\circ}C$ . para proporcionar una reacción de cambio eficiente en el reactor. Esta reacción se facilita por un catalizador tal como la hematites parda.
10. Como anteriormente se indicó, la función principal del reactor de cambio 116 es la producción de un gas portador que tenga un volumen apreciablemente superior al del gas de tratamiento introducido en el reactor. Así, el reactor de cambio 116 reducirá la capacidad precisa del horno de reforma 106 y proporcionará un sistema más económico. El gas portador que abandona el reactor de cambio 116, se lleva, por la tubería 118, a un cambiador de calor 120 para calentar previamente el agua de alimentación de la caldera, y luego se enfría más aún y se hace pasar a través de separadores adecuados (no representados) para proporcionar una corriente de gas portador seco, de potencia calorífica extremadamente baja. Este gas portador puede mezclarse con una corriente de gas natural para proporcionar un gas preparado que tenga una potencia
15. 20. 25. 30.



249143

calorífica y un peso específico predeterminados.

5. El agua de alimentación de la caldera calentada en el cambiador de calor 120, se conduce, por una tubería 122, a un tambor de vapor 124 que comunica con la sección de caldera 126 del horno de reforma 106. Así, el exceso de calor desarrollado al hacer reaccionar el gas mezclado en el horno 106, se utiliza para producir vapor, y el agua de alimentación de la caldera de la que se produce el vapor, se calienta previamente por el gas portador, en gran parte de modo igual al que se ha descrito con relación a las figs. 1 y 2. El vapor que sale del tambor de vapor 124, puede utilizarse de cualquier modo deseado en un sistema con este invento acoplado.

10. En otro tipo de este invento, la reacción con vapor de agua y aire, se realiza en etapas separadas que implican una primera reacción con vapor de agua seguida por una reacción con aire. Con referencia a la fig. 4, el gas natural licuado, almacenado, se hace circular por la bomba 210, a unos  $14 \text{ kg/cm}^2$ , desde las tuberías 212 y 214, a un vaporizador 216 en el que el gas natural licuado se encuentra a unos  $-157^{\circ}\text{C}$ ., y se hace pasar en relación de cambio de calor con vapores de propano en un ciclo cerrado de propano. La corriente de gas natural que penetra en el vaporizador 216 en forma de líquido, sale del vaporizador, por la tubería 218 en forma de vapor a unos  $15,6^{\circ}\text{C}$ . y a  $14 \text{ kg/cm}^2$  aproximadamente. El ciclo de propano, es un ciclo cerrado del sistema de expansión de propano, que utiliza el calor a bajo nivel del tren de reforma, para vaporizar el gas natural licuado.

15. El gas natural vaporizado de la tubería 218, se

20.

25.

30.



249143

introduce en un separador 220 en el que el gas natural revaporizado se separa del componente líquido sin vaporizar. Este último se evacua del separador 220 por la tubería 222 para retornar a la tubería de alimentación 212 por delante de la bomba de circulación 210. La parte vaporizada que se separa del separador 220 por la tubería 224, se subdivide en tres componentes, a continuación llamados gas de reacción de reforma, gas de mezcla y gas combustible.

El aumento del gas de reforma o de reacción, se desvía por la tubería 230 a la tubería 232. El agua de un separador de condensado 234 que se describe más adelante, se introduce desde la tubería 236, para mezclarse con el gas de reforma, antes de avanzar el gas mezclado por la tubería 238, en un cambiador de calor 240 para hacer pasar el gas mezclado, en relación de cambio de calor, con los gases calientes evacuados de un reactor de cambio 242. Además del agua añadida, en el gas mezclado que penetra a través del cambiador de calor 240, se añade, desde la tubería 244 un incremento de vapor, El gas de reforma se mezcla con el vapor y el agua en una cantidad adecuada para proporcionar una mezcla que tenga una relación vapor a carbono superior a la unidad pero inferior a 5, y con preferencia comprendida entre la relación de 1,5 a 3,0 en partes ponderales. Cuando la relación de vapor a carbono es inferior a 1, se presentan dificultades con respecto a las descomposiciones térmicas, por formarse carbono elemental que obstruye el catalizador. Es conveniente utilizar una relación vapor a carbono superior, con la presencia de hidrocarburos más elevados y en proporción a los mismos. La temperatura del gas se eleva



249143.

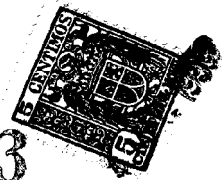
desde unos 15,6°C a unos 79°C., al mezclarse con el agua condensada procedente de la tubería 236, y se eleva a una temperatura de unos 371°C., al atravesar el cambiador de calor 240. La tabla siguiente representa los cambios en

5. la composición del gas al mezclarse con el agua y salir del calorífero 240 de caldeo previo de la tubería 246, después de la nueva adición de vapor y de la vaporización de cualesquiera líquidos presentes.

Volumen %

Componentes	Gas de reacción en la tubería 232	Gas de reacción en la tubería 238	Gas mezclado en la tubería 246
CH <sub>4</sub>	71.23	30.34	12.09
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	13.65	5.81	2.33
CC <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	9.10	3.88	1.55
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2.20	0.94	0.37
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2.25	0.96	0.38
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.68	0.28	0.11
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.33	0.14	0.06
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.34	0.15	0.06
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0.22	0.10	0.04
CO <sub>2</sub>	-	-	-
CO	-	-	-
H <sub>2</sub>	-	-	-
H <sub>2</sub> O	-	57.40	83.01
N <sub>2</sub>	-	-	-
O <sub>2</sub>	-	-	-

249143



Cuando los gases mezclados se han vaporizado por completo y caldeado previamente, se cargan directamente en los tubos del horno primario de reforma 228 encendido, para la reacción catalítica en la temperatura y la presión existentes. La reacción que se realiza, es una reacción endotérmica entre el vapor y los hidrocarburos, que proporciona un gas de tratamiento, reformado, que contiene una mezcla de dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno y vapor junto con algo de metano que no se ha convertido. El efecto real de las reacciones en el horno primario de reforma, es producir un gas seco y básico de tratamiento en el que el volumen es superior en un 300 a 500% con respecto a los gases secos introducidos en el horno. Para la reacción, se utiliza un catalizador de níquel en los tubos de reacción, pero pueden emplearse otros agentes catalíticos adecuados, bien conocidos en la técnica. La cantidad de dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno, vapor ( $H_2O$ ) y metano en el gas de tratamiento dependerá algo de las condiciones de trabajo. Aunque la concentración de equilibrio puede variar, la tabla siguiente es representativa de las composiciones de los gases cargados y del gas de tratamiento suministrado por el reformador.

25.



249.43

Volumen %

Componente	Gas combustible de la tubería 226	Gas mezclado de la tubería 252	Gas de tratamiento del reformador
CH <sub>4</sub>	71.23	12.09	4.25
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	13.65	2.33	-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	9.10	1.55	-
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2.20	0.37	-
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2.25	0.38	-
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.68	0.11	-
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.33	0.06	-
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.34	0.06	-
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0.22	0.04	-
CO <sub>2</sub>	-	-	7.61
CO	-	-	6.62
H <sub>2</sub>	-	-	43.95
H <sub>2</sub> O	-	83.01	37.57
N <sub>2</sub>	-	-	-
O <sub>2</sub>	-	-	-

Desde el reformador primario 228, el gas de tratamiento se hace pasar, por la tubería 254, al reformador secundario 250. Este, que emplea un catalizador análogo al del reformador primario, está destinado para funcionar como medio para suministrar nitrógeno, por la adición de aire, para conseguir la dilución deseada de los gases, por cuyo medio puede llevarse a cabo el ajuste para hacer descender la potencia calorífica, con un aumento en el peso específico, para equilibrar la relación de gases al preparar el gas producto.

5. El reformador secundario funciona además para hacer que se disponga de calor adicional para la reacción ulterior

10.



249143

del metano y del vapor en la corriente de gas de tratamiento con objeto de completar la reacción realizada en el primer horno de reforma.

- Para este objeto, se introduce aire de la
5. tubería 256 en el horno secundario de reforma 250, para su mezcla con los gases calientes de la corriente de tratamiento. En el otro se realiza la combustión entre el oxígeno del aire y los materiales combustibles de la corriente de tratamiento, por cuyo medio la temperatura de los gases en el reformador, se eleva a unos
  10. 926°C. El efecto real de la dilución con aire y de las reacciones que se desarrollan en el reformador secundario, consiste en aumentar el volumen del gas seco en un 30 a 40% adicional, y en producir una mezcla de gas de la
  15. composición típica siguiente:



Volumen **249143**

Componentes	Composición del aire de la tubería 256	Composición del gas de tratamiento de la tubería 254	Composición del gas del reformador 250
CH <sub>4</sub>	-	4.25	0.5
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	-	-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	-	-
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-	-
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-	-
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	-	-	-
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	-	-	-
CO <sub>2</sub>	-	7.61	6.1
CO	-	6.62	8.2
H <sub>2</sub>	-	43.95	35.7
H <sub>2</sub> O	2.2	37.57	35.0
N <sub>2</sub>	77.3	-	-
O <sub>2</sub>	20.5	-	-

5. Del análisis anterior resulta evidente, que la mayor proporción de hidrocarburos en la corriente de tratamiento, ha reaccionado, y la cantidad de monóxido de carbono y nitrógeno ha ascendido, mientras que los otros gases, entre ellos el hidrógeno, el vapor y el dióxido de carbono, han disminuido en proporción.

10. Los gases calientes que abandonan el horno de reforma secundario por la tubería 258, se enfrían por la adición de agua procedente de la tubería 260, para reducir la temperatura de los gases en la corriente



249143

- de tratamiento, desde unos 925°C. a unos 705°C. aumentando a la vez el contenido de agua o vapor del gas de tratamiento desde el valor de 35% al 43% aproximadamente, con la reducción proporcional en el porcentaje de los demás gases. Los gases calientes se hacen avanzar por la tubería 262 al cambiador de calor 248 antes citado, en el que el gas de reacción se caldea previamente por introducción en el horno primario de reforma 228. La corriente de tratamiento se reduce, en temperatura, desde 705°C. a unos 593°C., por paso a través del cambiador de calor 248. Al gas de tratamiento que sale del cambiador de calor 248, se le añade otra cantidad de agua procedente de la tubería 264 para elevar el contenido de vapor o agua de la corriente de tratamiento, a un nivel del 50% aproximadamente, con reducción proporcional de los demás gases, y luego la corriente de tratamiento se hace avanzar por la tubería 266 al reactor de cambio 242.

- En el reactor de cambio, se realiza una reacción catalítica, principalmente entre el monóxido de carbono y el agua, para producir dióxido de carbono e hidrógeno, de acuerdo con la reacción  $CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2$ . La reacción es una reacción exotérmica que eleva la temperatura de los gases en el reactor hasta unos 454°C., y se promueve por el empleo de catalizadores tales como la hematites parda o similares. A continuación figuran análisis de las composiciones del gas que penetra en el reactor de cambio y del que sale del mismo.

249143

Volumen %



Componentes	Composición del gas de entrada en el reactor	Composición del gas de salida del reactor
CH <sub>4</sub>	0.4	0.4
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	-
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	-	-
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	-	-
CO <sub>2</sub>	4.6	9.0
CO	6.3	1.9
H <sub>2</sub>	27.6	32.0
H <sub>2</sub> O	50.0	46.6
N <sub>2</sub>	11.1	11.1
O <sub>2</sub>	-	-

De la tabla anterior se aprecia que la concentración de dióxido de carbono y de hidrógeno ha aumentado apreciablemente, a expensas del monóxido de carbono y del agua de la corriente de tratamiento.

5. Los gases calientes de tratamiento procedentes del reactor de cambio, se hacen atravesar el cambiador de calor 240 en relación de cambio térmico con los gases mezclados, para caldear previamente los gases mezclados suministrados por el reformador primario. En el cambiador de calor, los gases de tratamiento se enfrían desde unos 454°C. a 204°C. aproximadamente y el gas enfriado del



249143

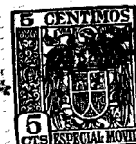
- tratamiento se hace avanzar luego por la tubería 268, a un cambiador de calor 270, para su paso en relación de cambio térmico con el agua de alimentación de la caldera, para elevar este agua a una presión de unos 14 kg/cm<sup>2</sup>, desde una temperatura de 107°C. en la tubería 272 a una temperatura de 177°C. en la tubería 274, mientras que el gas de tratamiento se enfría ulteriormente a una temperatura de unos 141°C. a una presión de unos 9,10 kg/cm<sup>2</sup>. A las condiciones de temperatura y presión existentes, una pequeña porción del vapor del gas de tratamiento, se condensa para permitir la separación del condensado al pasar el gas de tratamiento a través del separador 234. Como antes se indicó, el condensado se evacua del separador por la tubería 235 y, por la bomba 275 y la tubería 236, se retorna mezclado con el gas de reforma de la tubería 232.

- El gas no condensado del separador 234 avanza por la tubería 273 a un refrigerador 277 en el que se utiliza el propano del sistema de refrigeración de propano, como medio de enfriamiento. La temperatura de la corriente de tratamiento se reduce desde unos 138°C. en la tubería 273 a 110°C. aproximadamente en el refrigerador 277 y se hace pasar por la tubería 276 a otro separador 278 para la eliminación del condensado de la corriente de gas. Una cantidad apreciable del vapor de agua, se elimina en esta etapa, y el condensado del separador 278 puede emplearse como agua de enfriamiento introducida por la tubería 260 en los gases calientes del reformador secundario, y puede emplearse también para suministrar el agua introducida, por la tubería 236, en los gases de



248143

- reacción, o puede proporcionar el agua introducida por la tubería 264 en los gases calientes del reformador secundario, después de pasar a través del cambiador de calor 248. La corriente de tratamiento del separador 278, puede devol-
5. verse por la tubería 280 para un segundo paso a través del cambiador de calor 282 del ciclo de propano, antes del cambiador de calor 277, para reducir la corriente de tratamiento a una temperatura de unos 43 a 51°C., por cuyo medio se condensa la mayor parte del vapor de agua
  10. restante. El gas enfriado, por la tubería 285, se introduce en un separador 286 para eliminar el condensado que se extrae por la tubería 288 pasándolo a la tubería de condensado 290 para su aprovechamiento. Cualquier exceso de condensado del separador 278 que no se utilice en
  15. el procedimiento, se retira por la tubería 292 enviándolo a la tubería 290 de aprovechamiento del condensado. Los análisis siguientes de los gases después del separador, indican los cambios que se realizan en la corriente de tratamiento.



Volumen % 249143

Componentes	Antes de la entrada en el separador 234	Después de salir del separador 234 y antes de entrar en el separador 278	Después de salir del separador 278 y antes de entrar en el separador 286
CH <sub>4</sub>	0.4	0.40	0.56
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	-	-
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	-	-
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-	-
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-	-
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	-	-	-
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	-	-	-
CO <sub>2</sub>	9.0	9.55	13.67
CO	1.9	2.00	2.88
H <sub>2</sub>	32.0	33.85	48.44
H <sub>2</sub> O	45.6	42.39	17.54
N <sub>2</sub>	11.1	11.81	16.91
O <sub>2</sub>	-	-	-

De lo anterior resulta evidente, que la mayor proporción del vapor se separará en forma de condensado, en el separador 278. Se comprenderá que puede emplearse un sencillo refrigerador en lugar de los cambiadores de calor 277 y 282 o que pueden utilizarse más de dos cambiadores de calor acoplados en serie, para reducir la temperatura de los gases de tratamiento a un nivel deseado para el uso, y condensar la humedad a fin de que pueda formarse un gas seco como componente del producto.

249143



La corriente de tratamiento del separador 286, se une con el gas mezclado y vaporizado componente, de la corriente de alimentación, pero es conveniente hacer pasar primero el gas mezclado de la tubería 292 a través del separador 286 en relación de cambio térmico con el gas de tratamiento, para igualar la temperatura de los dos gases, La mezcla resultante contendrá el gas producto de la tubería 294, caracterizado por un peso específico de 0,6 y una potencia calorífica por pié cúbico de 540 aproximadamente siendo aproximadamente la siguiente la composición del gas producto.

	<u>Componentes</u>	<u>Volumen %</u>
	CH <sub>4</sub>	20.07
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	3.76
15.	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.51
	iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.61
	nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.62
	iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.19
	nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.09
20:	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.09
	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0.06
	CO <sub>2</sub>	11.93
	CO	2.52
	H <sub>2</sub>	42.40
25.	H <sub>2</sub> O	0.40
	N <sub>2</sub>	14.75
	O <sub>2</sub>	-

249143



La gran cantidad de calor de baja temperatura que se hace disponible en el sistema por la extracción de calor del gas reformado caliente procedente de los hornos de reforma, y del reactor de desviación, se recupera en parte en forma de potencia utilizable por el sistema de expansión de ciclo cerrado de propano, utilizado para revaporizar el gas natural licuado. En el ciclo cerrado de propano, este cuerpo a  $26,95 \text{ kg/cm}^2$  en la tubería 1.100, se hace avanzar a través de los cambiadores de calor 282 y 277 en relación de cambio de calor con el gas tratado, como antes <sup>se</sup> describió, para reducir la temperatura de la corriente en tratamiento mientras el propano líquido se calienta hasta unos  $77^{\circ}\text{C}$ . para la vaporización. Los vapores de propano a  $26,95 \text{ kg/cm}^2$  se expansionan con el trabajo, por ejemplo por paso desde la tubería 1.102 a través de una turbina de expansión 1.104 en la que dichos vapores se expansionan a una presión de  $11,9 \text{ kg/cm}^2$  aproximadamente, con objeto de proporcionar potencia suficiente para la impulsión de los compresores de aire 1.105 utilizados para la circulación de aire filtrado desde la tubería 1.108 a la tubería 256, para introducirse en el reformador secundario 250. El vapor de propano que sale de la turbina de expansión 1.104 se introduce en la tubería 1.110 para su paso al cambiador de calor 216, en el que se coloca en relación de cambio térmico con el gas natural licuado y frío, para dar lugar a la revaporización de éste. Los vapores de propano se enfrían hasta unos  $37,8^{\circ}\text{C}$ . por cuyo medio dichos vapores se condensan y se introducen en la tubería 1112 para circular nuevamente

243143



- a los cambiadores de calor 282 y 277, por la bomba de propano 1.114. Una parte de los vapores del dilatador 1.104 puede desviarse alrededor del vaporizador 216, para pasar a través de un refrigerador de agua 1.115 en
5. el que se lleva a cabo la licuación del vapor de propano. El componente licuado, se une a la parte tratada a través del vaporizador 216, para completar el circuito. El agua del refrigerador se alimenta desde la tubería 1.118 y se retira de aquél por la tubería 1.120. Se
10. prefiere el propano como medio de cambio térmico, por su capacidad para permanecer en estado líquido a las bajas temperaturas a que se halla expuesto. En el ciclo, pueden emplearse en lugar de propano otros fluidos de cambio térmico, susceptibles de utilizarse en un sistema
15. de refrigeración y que permanecen líquidos a la temperatura del gas natural licuado.
- El sistema de alimentación de agua, comprende una tubería de entrada 1.200 a través de la cual se dirige el agua de alimentación al cambiador térmico 270, para
20. circular en relación de intercambio térmico con los gases calientes del reactor de desviación 242. En el cambiador de calor 270, el agua de alimentación de la caldera se eleva a una temperatura de unos 177°C., a 15,2 kg/cm<sup>2</sup>. A continuación, el agua se hace pasar por la tubería
25. 274 al tambor de vapor 1.204 que comprende la sección de convección del horno primario de reforma, en la que el agua se convierte en vapor a unos 190°C. Una parte del vapor de la tubería 1.206, se alimenta por la tubería 244 al gas a reformar, en el cambiador de calor 240,
30. mientras que la mayor parte del vapor se utiliza para

249143

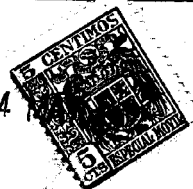


5. alimentar uno o más generadores 1.208, accionados por vapor, para la producción de fuerza desde este origen. Para este objeto, el vapor de la tubería 1.206 pasa a la tubería 1.210 y desde ella a una turbina 1.212 de vapor de condensación, a la que está funcionalmente conectado un generador 1.208.

10. El vapor expulsado por la turbina circula, por la tubería 1.214 a un condensador de superficie 1.220 en relación de cambio térmico con el agua fría que hace circular la bomba 1.215 desde la tubería 1.216 a la tubería 1.218. El exceso de vapor de la tubería 1.210 y del condensador 1.220, puede salir a la atmósfera a través del expulsor 1.222. El condensado del condensador de superficie, se retira por la tubería 1.224 y por medio de la bomba 1.226 se hace pasar a la tubería de salida 15. 1.228 para el condensado.

20. Como modificación, se ha comprobado además que el reformador secundario puede eliminarse del sistema si el aire introducido en éste en el reformador mencionado, se introduce en los tubos del reformador primario. La diferencia principal se encontrará en la producción de productos de reacción.

25. Se comprenderá además que pueden introducirse otros cambios en los detalles del procedimiento en sus condiciones y en el equipo, sin separarse del espíritu de este invento, especialmente definido en las reivindicaciones siguientes.



249143

N O T A

- Descrita suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente
5. indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a las solicitudes de patentes presentadas en Norteamérica con fechas y números siguientes: 5 de mayo de 1958, nº 732908,
10. y 25 de junio de 1958, nº 744398, acogiendo por lo tanto a los beneficios que conceden los convenios internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España: "Procedimiento para el tratamiento de gases naturales"; caracterizándose por lo siguiente:
- 15.
- 19.- Procedimiento para el tratamiento de gases naturales, caracterizado por utilizarse para ajustar el peso específico y para rebajar la potencia
20. calorífica de dicho gas, y por comprender las etapas de dividir la corriente de gas natural en una corriente de gas a tratar, y una corriente principal; de mezclar agua en forma de vapor y aire, con la corriente a tratar, en una o más fases del ciclo de tratamiento; de hacer
25. reaccionar la mezcla para producir un gas de tratamiento que contenga  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$ ,  $H_2O$  y  $N_2$  y una pequeña proporción de hidrocarburos sin reaccionar; de condensar los vapores de agua de la corriente de gas de tratamiento, y mezclar a continuación la corriente de gas de trata-
30. miento con la corriente de gas natural.



249143

- 2º.- Procedimiento, según reivindicación 1ª, caracterizado porque la corriente de gas natural se suministra primitivamente en forma líquida, y por comprender la etapa de vaporizar inicialmente el gas licuado, para proporcionar la corriente de gas natural.
- 5.
- 3º.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el gas de tratamiento, después de la reacción térmica a temperatura elevada, se hace pasar en relación de cambio térmico con la mezcla, antes de la reacción para calentar la mezcla previamente.
- 10.
- 4º.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la reacción de la mezcla se lleva a cabo a una temperatura elevada y en presencia de un catalizador.
- 15.
- 5º.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el vapor de agua y el aire se mezclan con la corriente de gas de tratamiento, antes de la reacción térmica.
- 20.
- 6º.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 5ª, caracterizado además porque parte del agua mezclada con la corriente de tratamiento, es líquida, y la mezcla se caldea previamente antes de la reacción, a una temperatura suficiente para vaporizar el líquido.
- 25.
- 7º.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 5ª y 6ª, caracterizado porque la mezcla se caldea previamente a unos 538°C. antes de la reacción.
- 30.
- 8º.- Procedimiento, según lo especificado en



249143

- las reivindicaciones 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup> y 7<sup>a</sup>, caracterizado además porque la corriente de gas natural se divide primero en una corriente de gas de tratamiento, una corriente principal y una corriente de gas combustible, y se quema
5. el gas de la corriente de gas combustible, para proporcionar calor para la reacción de la corriente de tratamiento mezclada con aire y vapor de agua.
- 9<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 8<sup>a</sup>, caracterizado además por dirigirse
10. una parte del calor producido quemando la corriente de gas combustible, a través de una caldera para producir vapor; por mezclar una parte del vapor con el gas mezclado y por pasar el resto del vapor producido, en relación de cambio de calor con la corriente de gas de tratamiento para caldear ésta.
15. 10<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 5<sup>a</sup> a 9<sup>a</sup>, caracterizado por enfriarse la corriente de gas de tratamiento después de la reacción
20. térmica, por adición de agua en forma líquida, y por hacer reaccionar la corriente enfriada para producir un gas de tratamiento que contiene cantidades adicionales de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> a expensas del H<sub>2</sub>O y del CO.
- 11<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 1<sup>a</sup> a 4<sup>a</sup>, caracterizado porque la
25. reacción térmica se divide por lo menos en dos etapas separadas, y se mezcla agua en vapor con el gas de tratamiento, antes de la primera reacción térmica, para producir CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e hidrocarburos no convertidos y el aire se mezcla con la corriente de gas a tratar
30. después de la primera reacción térmica, pero antes de



249143

la inmediata, para convertir el hidrocarburo en la corriente de tratamiento con objeto de formar CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> e introducir N<sub>2</sub> en la corriente a tratar formada, por una reacción subsiguiente.

5. 12<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 11<sup>a</sup>, caracterizado además por calentar previamente la mezcla de gas de tratamiento y vapor de agua, antes de la primera reacción.

10. 13<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 11<sup>a</sup> y 12<sup>a</sup>, caracterizado además porque la etapa de caldeo previo se lleva a cabo haciendo pasar el gas mezclado, en relación de cambio de calor con la corriente de gas a tratar caliente, resultante de las etapas de reacción.

15. 14<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 11<sup>a</sup> a 13<sup>a</sup>, caracterizado además porque la mezcla de vapor de agua y gas se calienta a una temperatura del orden de 538°C. ± 150°C. antes de la reacción.

20. 15<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 11<sup>a</sup> a 14<sup>a</sup>, caracterizado porque el agua se mezcla con el gas a tratar para proporcionar una relación de carbono de 3 a 1 aproximadamente.

25. 16<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 11<sup>a</sup> a 15<sup>a</sup>, caracterizado porque la reacción del gas mezclado con el vapor de agua, se lleva a cabo a una temperatura del orden de 704°C. ± 180°C.

30. 17<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 11<sup>a</sup> a 16<sup>a</sup>, caracterizado porque

249143



la reacción del gas mezclado, aumenta el volumen del gas de 300 a 500% aproximadamente con respecto al estado seco.

5. 18<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 11<sup>a</sup> a 15<sup>a</sup>, caracterizado porque la reacción entre el gas de reacción y el aire se lleva a cabo mientras los materiales están a una temperatura de  $925^{\circ}\text{C} \pm 180^{\circ}\text{C}$ .
10. 19<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 11<sup>a</sup> a 15<sup>a</sup>, caracterizado además por someter el gas a tratar de la segunda reacción, a otra reacción a elevada temperatura para transformar el  $\text{H}_2\text{O}$  y el  $\text{CO}$  en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2$ .
15. 20<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 19<sup>a</sup>, caracterizado porque la reacción de cambio es una reacción catalítica realizada en presencia de un catalizador de hematites parda.
20. 21<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 19<sup>a</sup> y 20<sup>a</sup>, caracterizado porque la reacción de cambio se realiza mientras los materiales están a una temperatura del orden de  $427^{\circ}\text{C} \pm 90^{\circ}\text{C}$ .
25. 22<sup>a</sup>.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones 19<sup>a</sup> a 21<sup>a</sup>, caracterizado porque el contenido de hidrocarburo y monóxido de carbono se elimina prácticamente por completo de la corriente de gas a tratar y se convierte, por la reacción de cambio, en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2$ , por cuyo medio la corriente resultante contiene  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{N}_2$  como componentes principales.
- 30.

249143



23º.- Procedimiento para el tratamiento de gases naturales; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente memoria e ilustrado en los adjuntos dibujos.

5. Esta memoria consta de cuarenta y una hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

4 MAY. 1959

CONSTOCK INTERNATIONAL METHANE LTD.

J. GOMEZ ACEBO Y MODET

P.P.

ESCALA VARIABLE.



249143

Madrid,

E. GONZALEZ

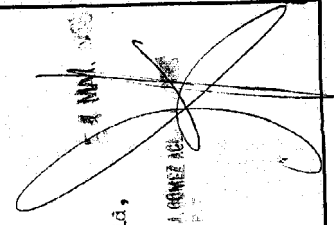


FIG. 1

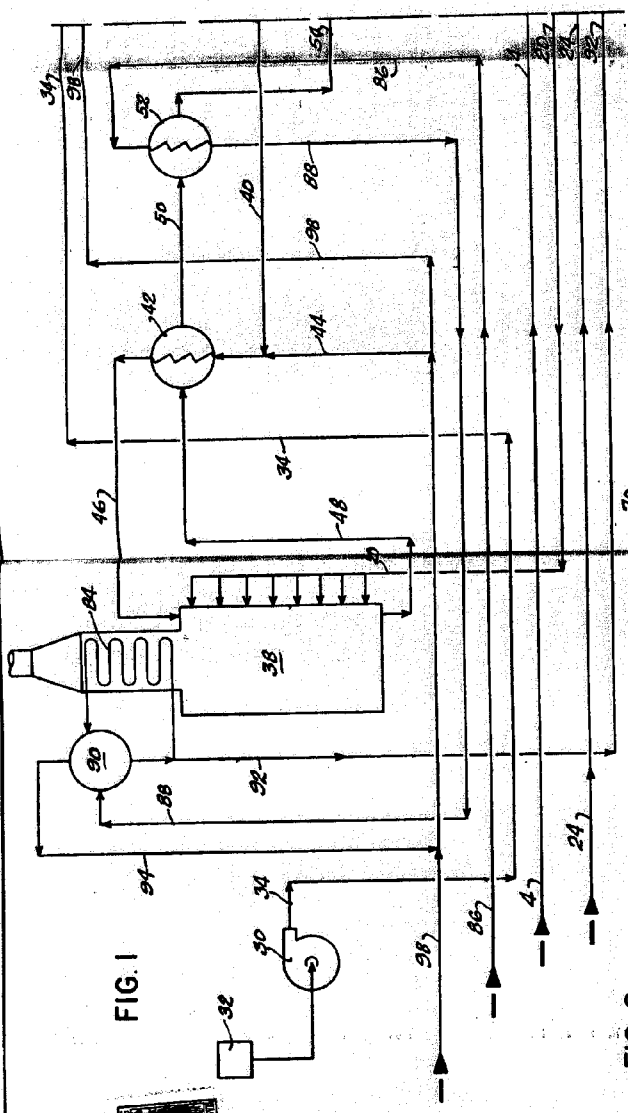
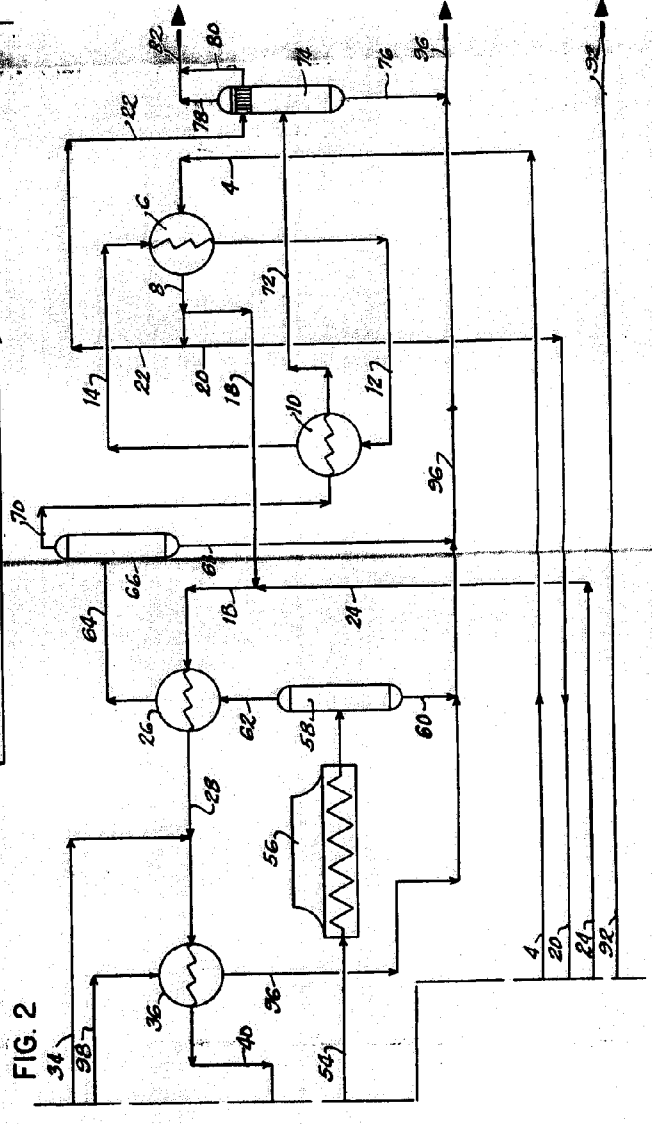


FIG. 2



249143

СОВЕТСКОЕ ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНОЕ ИЗОБРЕТЕНИЕ



249143



ESCALA VARIABLE.



249143

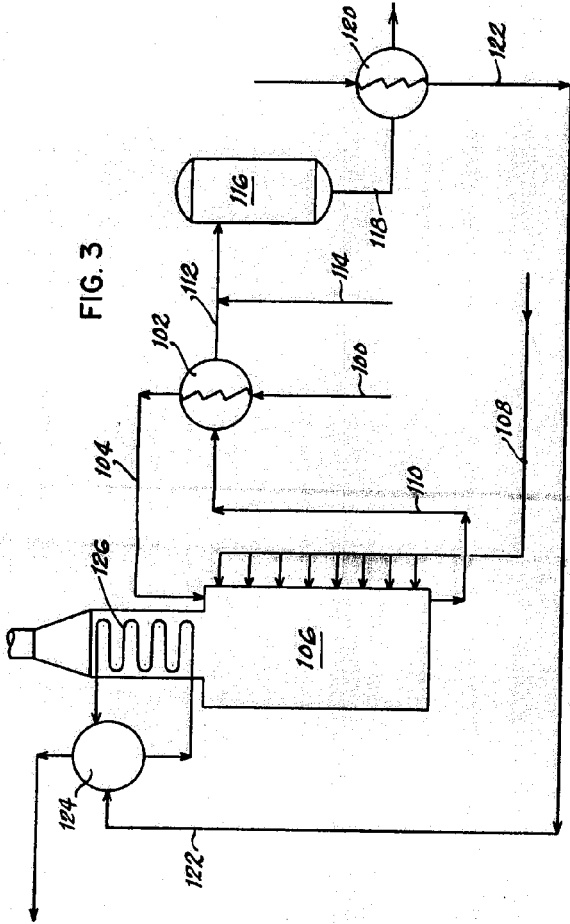


FIG. 3

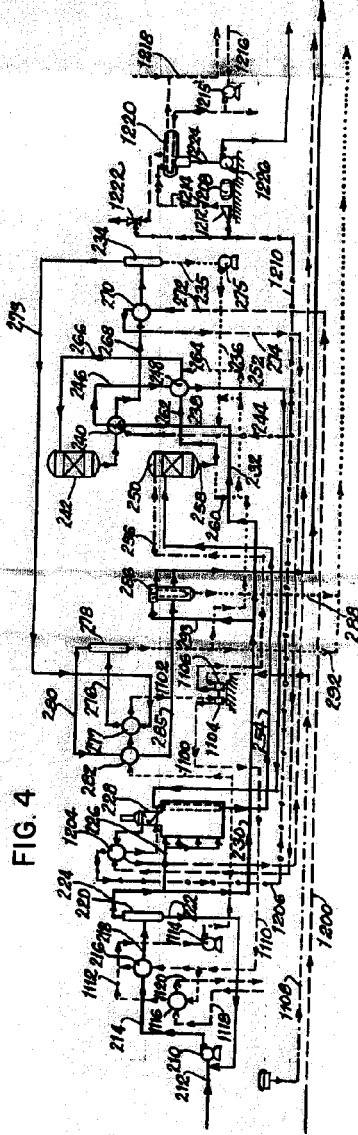


FIG. 4

E. & M. A. S.  
Madrid,  
INVENTOR  
BY