

PATENTE DE INVENCION

Your Ref: PA 218 Sp.

293448

293 448



Memoria Descriptiva.

sobre:

"Método y aparato para controlar la potencia calorífica de una corriente de gas, contenido en un almacenamiento de gas licuado".

Solicitante:

CONCH INTERNATIONAL METHANE LIMITED, entidad Islas Bahamas, residente en Sandringham House, Shirley Street, Nasseu, The Bahamas.

Esta invención se relaciona con un equipo de almacenamiento y transmisión de gas natural y particularmente con un perfeccionado procedimiento y aparato para licuar y mantener en almacenamiento por lo menos
5. una porción del gas natural que fluye a través del -



233448

equipo de transmisión, manteniéndose el valor calorífico del gas entrante y del gas saliente en un sustancial equilibrio, al dirigirse el gas al usuario desde la línea de salida, conjuntamente con el suministro de nuevo gas a la entrada.

- 5.
10. El uso de gas natural para fines de calentamiento tanto en aplicaciones domésticas como industriales ha crecido enormemente en los últimos años debido principalmente a las redes de conducciones distribuidoras de gas que han sido construidas en todos los países altamente industrializados. Sin embargo, la fuente del gas natural está situada normalmente a una distancia relativamente grande de los puntos de mayor uso del mismo, ofreciendo así unos considerables problemas respecto al suministro de gas a usuarios en todo momento a lo largo del año y bajo condiciones de carga máxima. Durante los meses cálidos del año, los usuarios normales del gas requieren cantidades sustancialmente menores del mismo en comparación a las cantidades requeridas en tiempo extremadamente frío y por consiguiente se ha impuesto la necesidad de un equipo de manipulación del gas capaz de suministrar cantidades requeridas de aquel a los usuarios, independientemente de las condiciones climatológicas.
- 15.
- 20.
25. El almacenamiento de gas natural en forma gaseosa presenta obstáculos formidables, debido al gran volumen de gas implicado y a la necesidad de suministrar el producto gaseoso a usuarios a una presión relativamente uniforme, independientemente de la cantidad de gas necesitada por el usuario en un momento determinado. Los
- 30.

293448



- intentos de licuar el gas para su almacenamiento durante periodos de escasa demanda no resultaron enteramente satisfactorios los años recientes, debido al elevado costo del equipo de refrigeración necesario para enfriar el gas natural a un nivel de licuación del mismo, debido también al elevado costo de los recipientes de almacenamiento y así mismo a los inherentes peligros asociados al almacenamiento de un producto gaseoso licuado por encima del terreno. Estas dificultades han sido resueltas ahora en su mayor parte mediante la producción de aparatos de refrigeración mas eficaces y el almacenamiento del producto gaseoso licuado en cavernas subterráneas formadas por excavación de cavidades relativamente grandes en el terreno, limitadas por paredes de tierra congeladas que confinan el gas licuado en el compartimiento subterráneo.
- 5.
 - 10.
 - 15.

- Sin embargo, se ha observado que durante la licuación y almacenamiento de gas natural en condición licuada, surgen problemas debidos al hecho de que el poder calorífico (calor de combustión) del gas entrante y del gas saliente de la unidad de almacenamiento no son generalmente iguales. El gas natural contiene una mayor proporción de metano conjuntamente con nitrógeno y C_2 e hidrocarburos superiores que proporcionan una potencia calorífica del orden de 8.900 a 9.350 kilocalorías por m^3 . standard del gas. Después de la licuación del producto, el nitrógeno y el metano que han sido licuados tienden a hervir primero en la unidad de almacenamiento del gas licuado, dejando así los hidrocarburos superiores en condición licuada y haciendo que
- 20.
 - 25.
 - 30.



293448

- la salida de gas de la unidad de almacenamiento tenga - una inferior potencia calorífica por m³. standard con relación al correspondiente valor calorífico del gas - que fluye al interior de la planta de licuación, haciendo así que el líquido que queda en la unidad de almacenamiento posea una superior potencia calorífica. Esto - representa una condición indeseable porque la venta de gas y el funcionamiento de los quemadores que lo utilizan son ayudados mediante el mantenimiento de una potencia calorífica constante en el gas.
- 5.
- 10.

- Es por consiguiente el objeto principal de la presente invención proporcionar un nuevo procedimiento y aparato para licuar y almacenar gas natural, en los que la potencia calorífica del gas saliente y el del producto licuado neto se mantienen en un equilibrio sustancial, con la potencia calorífica del gas entrante en la unidad de licuación y almacenamiento.
- 15.

- Empleando el procedimiento y aparato de la presente invención, es posible mantener corrientes de gas natural de entrada y salida con potencias caloríficas sustancialmente iguales en un sistema de transmisión de corrientes de gas natural, provisto de una unidad de almacenamiento de gas natural licuado en la que puede licuarse una proporción sustancial del gas entrante sin la utilización de equipo de refrigeración de funcionamiento externo para el ciclo completo de licuación, en virtud de la utilización de cambiadores de calor dispuestos en una nueva configuración en la que una parte del producto en forma inicialmente líquida sirve para - descender la temperatura de la porción restante del pro
- 20.
- 25.
- 30.



293448

ducto a un nivel suficientemente bajo para permitir el almacenamiento del gas licuado bajo una presión sólo - mente atmosférica en una unidad de almacenamiento, tal como un compartimiento subterráneo.

5. Una de las versiones de la invención está - constituida por un método y aparato para licuar y almacenar gas natural, en los que se emplea una estructura controlada por calorímetros para medir continuamente - la potencia calorífica del gas saliente de la unidad -
10. de almacenamiento, funcionalmente acoplada a un mecanismo de reforzamiento con hidrocarburos superiores para ajustar la cantidad de tales hidrocarburos introducida en el gas de salida, manteniendo así su potencia calorífica al mismo nivel que el del gas entrante.
15. Otra versión de la invención consiste en la provisión de un método y aparato para licuar y almacenar gas natural, en los que la potencia calorífica del gas saliente se controla con precisión para mantenerlo sustancialmente igual a la potencia calorífica del gas
20. entrante, teniendo así necesariamente por resultado la licuación y almacenamiento de un producto que tiene - una potencia calorífica en metros cúbicos standard como gas, igual a las potencias caloríficas del gas entrante y saliente.
25. Seguidamente se describirá la invención con referencia a los dibujos en los cuales:

La figura 1 es una representación esquemática de un aparato preferido para licuar y almacenar gas natural, empleado en la práctica del nuevo procedimiento de esta invención y adaptado para mantener la poten

30.



293448

cia calorífica del gas saliente equilibrado con la potencia calorífica del gas entrante; y

5. La figura 2 es una representación esquemática de una forma modificada de aparato para llevar a cabo otro método que es también eficaz para mantener las potencias caloríficas de los gases entrante y saliente, sustancialmente iguales.

10. En el aparato de licuación y almacenamiento de gas natural designado en general por 10 en la fig. 1, la conducción 12 de entrada de gas está acoplada a un recipiente 14 separador de líquidos. La abertura de salida de la fase gaseosa situada en la parte superior del recipiente 14 está acoplada a la entrada 16 de un primer cambiador de calor 18 mediante una conducción 20. La abertura de salida de líquido del recipiente 14 está conectada a la conducción de salida de gas 22 mediante una conducción 24. Un extremo de la conducción 22 está unido a la salida 26 del cambiador de calor 18. Una válvula de control 28, de orificio variable y controlada neumática o eléctricamente, se halla interpuesta en la conducción 24 y es accionada por un calorímetro 30 funcionalmente asociado a la conducción 10 de salida de gas mediante la conducción de control 31.

25. Un enfriador 32 interpuesto en la conducción 20 está adaptado para acoplarse funcionalmente a un sistema de refrigeración externa no mostrado y que contiene preferiblemente como medio refrigerante un material tal como etileno o freon.

30. La salida 34 del cambiador de calor 18 está acoplada a la entrada 36 de un segundo cambiador de ca



2 3448

- lor 38 mediante la conducción 40, mientras que la salida 42 del cambiador 38 asociado a la entrada 36 está conectada a una unidad de almacenamiento subterráneo 44 a través de la conducción 46. Una válvula de -
5. dilatación 48, de orificio variable y controlada a presión, está situada en la conducción 46 para reducir la presión sobre el gas licuado que fluye a través de la conducción 46, inmediatamente antes de su conducción a la unidad de almacenamiento 44. Aunque -
10. la unidad 44 está representada esquemáticamente en la fig. 1 por un recipiente, se comprenderá que esta estructura puede adoptar varias formas, tales como una caverna subterránea en la roca, un receptor de paredes metálicas situado por encima o debajo de tierra, o
15. un compartimiento subterráneo delimitado por lo menos en parte por una pared congelada de tierra y cubierto por una tapa adecuada que proteja al producto gaseoso natural licuado y confine sus vapores dentro de la -
- unidad de almacenamiento.
20. Una conducción de purga 50 que comunica con la conducción 40 entre los cambiadores de calor 18 y 38, está funcionalmente acoplada a la entrada 52 del cambiador de calor 18, llevando interpuesta una válvula de dilatación 54, de orificio variable, controlada por temperatura. Otra conducción de purga 56 comunica
25. la conducción 46 con la entrada 58 del cambiador de calor 38 y está provista de una válvula de dilatación 60, de orificio variable y controlada por temperatura. La conducción de control 62 entre la válvula 48 y
30. la conducción 46 permite a la estructura de control -



293448

- para la válvula 48 detectar la presión en la conducción 46, mientras que la conducción de control 64 entre la válvula 54 y la conducción 40, y la conducción de control 66 entre la válvula 60 y la conducción 46,
5. permiten a las unidades de control para las válvulas 54 y 60 detectar la temperatura de las corrientes en las respectivas conducciones 40 y 46.

- La conducción 68 que interconecta la salida 70 del cambiador de calor 38 con la entrada 72 del -
10. cambiador de calor 18, tiene una unión en T que comunica la conducción 68 con la unidad de almacenamiento 44 a través de la conducción 74. El ventilador 76 interpuesto en la conducción 74 dirige vapor por encima del nivel de líquido en la unidad de almacenamiento
15. 44 directamente la conducción 68. La salida 78 del - cambiador de calor 18 está conectada a la conducción 100 por la conducción 80 teniendo un compresor 82. Es de destacar que tanto la conducción 22 como la 80 se extienden preferiblemente a través de cambiadores de
20. calor representados esquemáticamente en el dibujo y designados en su conjunto por el número 85, que sirven para elevar la temperatura del producto gaseoso - finalmente descargado a través del término de la conducción de salida 100, al tiempo que utilizan la re -
25. frigeración disponible en estas corrientes frías para una finalidad útil, tal como la de enfriar el gas de alimentación a la unidad de licuación antes de que - llegue al separador 14 a través de la conducción 12.

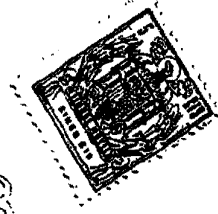
- Las líneas discontinuas en los cambiadores
30. de calor 18 y 38 representan la conexión efectiva de



233448

- las aberturas de entrada y salida en vez de la disposi
ción real de sus componentes, representando la línea -
84, la trayectoria de fluido entre la entrada 52 y la
salida 26, mientras que la línea 86 muestra la cone -
5. xión efectiva entre la entrada 16 y la salida 38, re -
presentando esquemáticamente la línea 88 la intercomu -
nicación efectiva de la entrada 72 con la salida 78.
Analogamente, la línea discontinua 90 representa la co
municación entre la entrada 36 y la salida 42, repre -
10. sentando la línea 92 la conexión de la entrada 58 con
la salida 70.

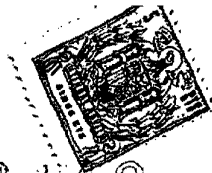
- Describiendo brevemente el funcionamiento -
del aparato 10, se introduce gas natural, previamente
enfriado por cambio con gases fríos y refrigerantes a
15. una temperatura tal que se produzca una condensación -
parcial del gas natural, en el separador 14 a través -
de la conducción de entrada 12, en el que se acumula
una proporción de hidrocarburos superiores, original -
mente presentes en el gas, en forma líquida en la por -
20. ción inferior del recipiente separador. El producto ga -
seoso es descargado por la parte superior del separa -
dor 14 a través de la conducción 20, pasándose luego a
través del enfriador de etileno 32 para efectuar su li
cuación casi completa. El continuado paso del producto
25. líquido a través del cambiador de calor 18 a través de
la trayectoria 86, determina el adicional descenso de
la temperatura del líquido al pasar el mismo en rela -
ción de intercambio térmico con una corriente de venti -
lación sustancialmente mas fría como se explicará mas
30. adelante, de manera que el gas licuado desciende a una



293448

- temperatura sustancialmente inferior en la salida 34 - del cambiador de calor 18, con relación a la que presenta en la salida del enfriador 32. Una porción del producto licuado se retira de la conducción 40 a través de la conducción de purga 50 por medio de la válvula 54, con lo que la presión del gas licuado resulta sustancialmente descendida y se efectúa algún enfriamiento adicional del mismo, de manera que el producto que fluye a lo largo de la trayectoria 84 del cambiador de calor 18 se encuentra en relación de intercambio térmico a contracorriente con el producto que fluye a lo largo de la trayectoria 86. Como se transfiere una cantidad sustancial de calor al líquido que fluye a lo largo de la trayectoria 84 del cambiador de calor 18, se cambia el material a una condición gaseosa para su conducción a una fuente de utilización a través de la conducción 22 y de la conducción de salida 100.
- 5.
- 10.
- 15.

- Volviendo a la trayectoria de la restante porción del producto licuado contenido en la conducción 40, que no es purgada de la misma a través de la conducción 50, puede verse que el gas licuado fluye al cambiador de calor 38 para su paso a lo largo de la trayectoria 90. Una porción del producto descargado del cambiador de calor 38 a través de la conducción 46 es desviada de la misma para su paso a través de la conducción de purga 56, descendiendo la presión sobre la corriente por la válvula de dilatación 60, de manera que pueda producirse la vaporización del producto a lo largo de la trayectoria 92 del cambiador de calor 38, al hacerse fluir el producto en relación de in
- 20.
- 25.
- 30.



2 3448

- tercambio térmico con el gas licuado que fluye a lo largo de la trayectoria 90. El material descargado del cambiador de calor 38 por la salida 70 fluye también a través del cambiador de calor 18 por la conducción 68 y la trayectoria 88, de manera que esta cantidad del gas se encuentra también en relación de intercambio térmico con el producto líquido que fluye a través del cambiador de calor 18 entre las conducciones 20 y 40. La corriente gaseosa que emana de la salida 78 del cambiador de calor 18 es dirigida por la conducción 80 a la conducción de salida 100, sirviendo el compresor 82 para incrementar la presión del gas.

- El gas natural licuado que fluye hacia la
15. unidad de almacenamiento 44 a través de la conducción 46 experimenta una adicional reducción de presión y temperatura mediante la válvula de dilatación 48 para permitir el almacenamiento del producto a una presión sustancialmente atmosférica. Se comprenderá que las
20. operaciones de cambio de calor y dilatación anteriormente explicadas son eficaces para descender la temperatura del producto licuado a un nivel en el que aquel se obtendrá en condición sustancialmente líquida para su almacenamiento a presión atmosférica. Por
25. consiguiente, el producto debe descargarse en la unidad de almacenamiento 44 a una temperatura superior a menos 161°C. A fin de permitir el almacenamiento de gas licuado en la unidad 44 sin una continua retirada de cantidades sustanciales de calor de la misma por
30. un equipo de refrigeración, se deja hervir cierta pro



233448

porción del gas licuado que se dirige en forma de vapor mediante el ventilador 76 a través de la conducción 74 directamente a la conducción 68.

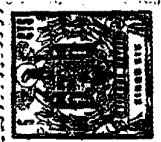
- Los hidrocarburos superiores en forma licuada recogidos en el separador 14 son retirados de él a través de la conducción 24 y dirigidos al gas que fluye a través de la conducción de salida 22 hacia las conducciones de distribución conectadas a las instalaciones de licuación y almacenamiento. Los hidrocarburos superiores podrían introducirse, naturalmente, según una variante, en la corriente de la conducción 80 o directamente en la corriente de la conducción 10.
- La cantidad de los hidrocarburos líquidos de 2 ó mas átomos de carbono descargada en el gas de la conducción de salida 22 a través de la conducción 24, es variada por la válvula 28 bajo el directo control del calorímetro 30. La potencia calorífica del gas que fluye a través de la conducción de salida 100 es precisamente medida por el calorímetro 30 y el flujo de hidrocarburos líquidos desde el separador 14 al gas de la conducción de salida 22 se varía estrictamente de acuerdo con el contenido calorífico del gas, para mantener así aquel a un valor fijo. Manteniendo las potencias caloríficas del gas de salida y del gas de entrada sustancialmente iguales, se deduce necesariamente que la potencia calorífica en m³ standard de gas del producto almacenado en la unidad 44 en condición licuada es también de igual potencia calorífica. Se comprenderá que se dispone un adecuado mecanismo de control en asociación funcional con el recipiente
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.
 - 30.



233448

- 14 para asegurar la acumulación de suficientes hidrocarburos superiores licuados en el recipiente 14 para proporcionar las necesarias cantidades de los mismos para el reforzamiento del gas contenido en la conducción 22 bajo la demanda del calorímetro 30 que controla el tamaño del orificio de la válvula 28. Esto se realiza ajustando, en la medida requerida, la temperatura de la corriente de entrada al recipiente 14 para licuar mas o menos hidrocarburos superiores necesarios para mantener una cantidad de los mismos en el recipiente 14.

- A fin de permitir una comprensión más clara del funcionamiento del aparato 10 y de la manera en que la potencia calorífica del gas saliente se mantiene igual a la potencia calorífica del gas entrante, se expondrán unas cifras representativas de un funcionamiento ejemplificativo, pero deberá entenderse que estos valores no son restrictivos y que pueden variar de acuerdo con la cantidad de gas suministrada al aparato 10, la composición del producto gaseoso y la proporción del gas que haya de almacenarse en estado licuado. Unas condiciones y valores típicos de funcionamiento para el aparato del tipo descrito, podrían incluir el suministro de $1,58 \times 10^{11}$ m3. por día de gas al recipiente separador 14 a través de la conducción 12, encontrándose el gas a una temperatura de -68°C , bajo una presión de 42 kgs./cm² y con una potencia calorífica de 9.210 kilocalorías por m3. standard. En este ejemplo, se supone que la composición del gas natural es tal que se licuarán $2,66 \times 10^9$ m3. por día -



293448

- de producto que comprende principalmente hidrocarburos superiores en la corriente de gas natural original, a la temperatura y presión indicadas, y se retirarán del recipiente 14 a través de la conducción 24 bajo el control del calorímetro 30. La composición es también tal
5. que los hidrocarburos superiores así condensados tendrán un valor de 15.100 kilocalorías por m³. standard. Es de destacar que los hidrocarburos superiores licuados se acumularán de hecho hasta cierto nivel en la
10. porción inferior del recipiente 14, y que el parámetro cuantitativo anteriormente expuesto representa la cantidad media de hidrocarburos licuados que serán retirados del separador bajo el control de la válvula 28 durante el funcionamiento continuo del aparato.
15. La corriente gaseosa descargada del recipiente 14 a través de la conducción 20 es pasada luego a través del enfriador de etileno para efectuar una licuación casi completa de metano, nitrógeno y otros componentes que permanecen en la corriente de gas natural.
20. La descarga gaseosa del recipiente 14 tendrá una potencia calorífica de 9.080 kilocalorías por m³. standard, siendo preferible que el etileno licuado dirigido a través del enfriador 32 en relación de cambio térmico con el producto que fluye a través de la conducción 20
25. este a una temperatura de -100°C aproximadamente, descendiendo así el gas natural en condición licuada a un nivel de temperatura de -97°C aproximadamente. La presión en este punto permanecerá a 42 kg/cm².
- El producto licuado descargado del cambiador
30. de calor 18 por la salida 34 estará a una temperatura



293448

- de -132°C aproximadamente debido al intercambio térmico entre el gas licuado que fluye a lo largo de la trayectoria 86 del cambiador de calor 18 y las corrientes a temperaturas inferiores que fluyen en relación de -
5. contracorriente a lo largo de las trayectorias 84 y 88. Por consiguiente, puede apreciarse que el producto introducido en el cambiador de calor 38 por la entrada 36 es sustancialmente mas frío que el producto que entra en el cambiador 18 por la entrada 16. Una porción
 10. del producto contenido en la conducción 40 es purgada de ella a través de la conducción 50, descendiendo - la presión del gas licuado a $5,6 \text{ kg/cm}^2$ aproximadamente, a través de la válvula de dilatación 54. Sin embargo, el producto permanece principalmente en forma líquida y se introduce en el cambiador de calor 18 para su circulación a lo largo de la trayectoria 84 a fin -
 15. de enfriar el gas licuado que fluye a lo largo de la - trayectoria 86. Debido a la diferencia de temperaturas entre los productos que fluyen a lo largo de las tra -
 20. yectorias 84 y 86, el producto de la conducción 50 será convertido en forma gaseosa durante su calentamiento y mientras la temperatura del gas licuado de la conducción 50 es descendida al nivel de -132°C existente en la conducción 40. Se desvía de la conducción 40 suficiente producto a través de la conducción de purga -
 25. 50 para proporcionar 4.815×10^{10} m³. de gas por día a -96°C en la salida 26, con una potencia calorífica de 9.070 kilocalorías por m³. standard. A través de la -
 30. válvula de dilatación 54 se efectúa algún enfriamiento del producto líquido que fluye desde la conducción 40

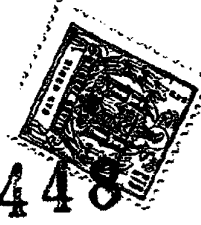


203448

al cambiador de calor 18 a través de la conducción 50, siendo la temperatura del producto que penetra por la entrada 52 del cambiador de calor 18 del orden de -136°C . El controlador de la válvula de dilatación 54 variará su orificio para mantener al producto al nivel de temperatura especificado.

- Al fluir el producto licuado a lo largo de la trayectoria 90 del cambiador de calor 38, su temperatura es de nuevo descendida sustancialmente en virtud del hecho de que una proporción seleccionada del producto es purgada de la conducción 46 a través de la conducción 56 para su paso en relación a contracorriente a lo largo de la trayectoria 92 entre la entrada 58 y la salida 70 del cambiador de calor 38. La temperatura del gas licuado descargado de la salida 42 del cambiador de calor 38 será de -151°C aproximadamente, descendiéndose la temperatura de la purga de gas licuado procedente de la conducción 46 a través de la conducción 56, a -159°C aproximadamente, a través de la válvula de dilatación 60. El producto licuado que penetra en el cambiador de calor 38 a través de la entrada 58, para fluir a lo largo de la trayectoria 92, experimenta un calentamiento en el cambiador de calor 38, de manera que la temperatura del producto que pasa al exterior de la salida 70 estará aproximadamente a -136°C . El controlador de la válvula de dilatación 60, que detecta la temperatura del producto en la conducción 46, mantiene la cantidad del gas licuado a fluir a lo largo de la trayectoria 92 del cambiador de calor 38 al adecuado nivel para proporcionar el enfriamiento requerido.
- 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.
 - 30.

293448



rido. La válvula de dilatación 60 es también eficaz - para descender la presión del producto aproximadamente a 1,24 kg/cm²., determinando la caída de presión - del producto a través del resto de la conducción que
5. lleva a la conducción de salida 100, el descenso de la presión del gas hasta 1,03 kg/cm² aproximadamente, en la entrada del compresor 80.

La presión del producto licuado de la conducción 46 desciende finalmente al valor atmosférico
10. aproximadamente a través de la válvula de dilatación 48, tras lo cual la temperatura del líquido desciende al nivel final de -161°C, permitiendo el almacenamiento del gas licuado en la unidad 44 bajo presión atmosférica y sin necesidad de refrigerar la instalación
15. de almacenamiento. Bajo las ilustrativas condiciones especificadas, se introducirán en la unidad de almacenamiento 44, durante el funcionamiento continuo del aparato 10, una cantidad de $7,08 \times 10^{10}$ m³. por día, de producto a 9.205 kilocalorías por m³ standard (el
20. m³. standard se refiere a estado gaseoso).

A fin de mantener el gas licuado en la unidad de almacenamiento 44 en condición líquida, se deja hervir una determinada proporción del mismo en todo momento, con una ebullición de 2.542×10^{10} m³. de
25. producto por día, con un valor calorífico de 8.900 kilocalorías por m³ standard, manteniendo el necesario equilibrio de manera que la temperatura del producto licuado en la unidad de almacenamiento 44 se mantenga a -161°C. El vapor del producto licuado contenido en
30. la unidad de almacenamiento 44 se dirige a la conduc-

2931



- ción 68 a través de la conducción 74 bajo la fuerza del ventilador 76. La mezcla de gas de la conducción 74 y el producto descargado del cambiador de calor - 38 por la salida 70, es dirigida al cambiador de calor 18 para su circulación a lo largo de la trayectoria 88 en relación del intercambio térmico con el producto licuado que fluye a lo largo de la trayectoria 86. Así, el producto gaseoso descargado del cambiador de calor 18 por la salida 78 tendrá una temperatura de -100°C . Como se retira de la conducción 46 a través de la conducción 56, una cantidad de $1,42 \times 10^{10}$ m³ de producto por día, con un valor calorífico de 8.980 kilocalorías por m³. standard, esta cantidad de gas se mezclará con la proporción introducida en la conducción 68 a través de la conducción 74, resultando en un total de $8,54 \times 10^{10}$ m³ de gas por día, de un valor calorífico de 9.210 kilocalorías por m³ standard, suministrados desde la conducción de salida 100 durante el funcionamiento continuo del aparato. El calor introducido en las corrientes gaseosas que fluyen a través de las conducciones 22 y 80 desde los cambiadores de calor 85 y el compresor 82, determina la elevación de la temperatura de la corriente gaseosa final de salida en la conducción 100 aproximadamente a $+10^{\circ}\text{C}$, a una presión de 3,51 kg/cm².

Los hidrocarburos superiores retirados de la corriente gaseosa natural dentro del separador 14 son introducidos en la corriente gaseosa que fluye a través de la conducción 22 por la conducción 24, en-



293448

riqueciendo las 15.100 kilocalorías por m³ standard -
de producto en la conducción 24 a las 8.980 kilocalo-
rías por m³ standard de gas en la conducción 22, po-
niendo así al gas combinado en la conducción de sali-
5. da 100 en el requerido nivel de 9.210 kilocalorías -
por m³ standard, igual al contenido calorífico del -
gas de entrada en la conducción 12. El calorímetro 30
funcionalmente acoplado a la válvula 28 determina con
precisión el contenido calorífico del gas saliente y
10. varía la cantidad de hidrocarburos superiores suminis-
trada al mismo, de acuerdo con las necesidades del -
sistema.

En la fig. 2 se ilustra una disposición va-
riante para licuar y almacenar gas natural mientras -
15. se mantiene el valor calorífico del gas de salida de
la instalación igual al valor calorífico del gas de -
entrada, siendo preferible la disposición y componen-
tes ilustrados en la fig. 1, solo porque puede almace-
narse una mayor cantidad del producto gaseoso en con-
20. dición licuada, con relación a la cantidad que puede
almacenarse en la disposición de la fig. 2.

El aparato licuador y almacenador de gas na-
tural designado en su conjunto por 110 en la figura
2, tiene también una conducción 112 de entrada de gas
25. natural, que lleva a un recipiente 114 separador de
líquidos. La abertura de salida de gas del recipiente
separador 114 está acoplada a la entrada 116 del cam-
biador de calor 118 mediante la conducción 120. La -
conducción de salida de gas 200 del aparato 110 está
30. conectada mediante la conducción 122 a la salida 126



293448

- del cambiador de calor 118, mientras que una conducción 124 de hidrocarburos superiores líquidos se extiende entre la salida de líquido del recipiente separador 14 y la conducción 122. Una válvula 128 controlada por calorímetro, de orificio variable, se interpone en la conducción 124, de manera que la cantidad de hidrocarburo superior líquido suministrada a la conducción 122 pueda controlarse selectivamente. El calorímetro 130 está acoplado a la válvula 128 a través de la conducción de control 131 y es accionable para detectar continuamente el valor calorífico del gas que fluye a través de la conducción de salida 200. La conducción de salida de gas 120 del separador 114 pasa a través de un cambiador de calor 132 que comprende la porción enfriadora de un sistema de refrigeración por etileno, que no se ilustra detalladamente en el dibujo.
- 5.
- 10.
- 15.

- La salida 134 del cambiador de calor 118 está conectada a la entrada 136 de un recipiente 139 separador de líquidos mediante una conducción 140 que lleva interpuesta una válvula de dilatación 154 controlada por presión. La conducción de control 164 para la válvula 154 detecta la presión del líquido en la conducción 140 corriente arriba de la válvula 154.
- 20.

- La abertura de salida de gas situada en el extremo superior del recipiente separador 139 está conectada a la entrada 152 del cambiador de calor 118 por una conducción 150, mientras que la conducción 141 de salida de líquido que sale de la porción inferior del recipiente 139 se acopla a la entrada 143 del cambiador de calor 138. La salida 142 del cambiador de ca
- 25.
- 30.



293448

- lor 138 está unida a la entrada de otro recipiente se
parador 145 mediante la conducción 147 que tiene una
válvula de dilatación 160 de control de nivel. La con
ducción de control 166 para la válvula 160 se extien
de hasta un dispositivo detector de nivel de líquido
situado dentro del recipiente separador 139. La aber
tura de salida de gas del separador 145 se une a la
entrada 158 del cambiador de calor 138 mediante una
conducción 149, mientras que la salida 170 del cambia
dor de calor 138 se une a la conducción de vapor 174
mediante la conducción 168.
- 5.
- 10.
- La salida para líquido situada en el extre
mo inferior del recipiente separador 145 está conecta
da directamente a la unidad 144 de almacenamiento de
gas licuado mediante una conducción 146 que tiene una
válvula de dilatación 148 de control de nivel provis
ta de una conducción de control 162 que se extiende -
hasta un dispositivo detector de niveles situado den
tro del recipiente separador 145. La unidad de almace
namiento 144 es del mismo tipo esbozado con relación
a la unidad 44 de la figura 1, estando preferiblemen
te, aunque no necesariamente, introducida en el terre
no como anteriormente se describe. La conducción de -
vapor 174 se extiende desde el extremo superior de la
unidad de almacenamiento 144 a la entrada 172 del cam
biador de calor 118 y está provista de un ventilador
176 corriente abajo del punto de conexión de la con
ducción 168 con la conducción 174. La conducción 180
unida a la salida 178 del cambiador de calor 118 está
acoplada a la conducción 200 de salida de gas, teniendo
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

293445



interpuesto un compresor 182 corriente abajo de los -
cambiadores de calor 184 que son similares en su cons-
trucción y funcionamiento a los cambiadores de calor -
85 anteriormente descritos. La conducción 200 está co-
nectada a las conducciones 122 y 180 para dirigir gas
5. de salida a un punto, de utilización.

La trayectoria de flujo de producto entre la
entrada 152 y la salida 126 del cambiador de calor 118
está representada esquemáticamente por las líneas dis-
continuas 185, mientras que las líneas discontinuas -
186 y 188 representan las trayectorias de flujo entre
la entrada 116 y la salida 138 y la entrada 172 y la -
salida 180, respectivamente. De igual modo, la línea -
discontinua 190 representa la trayectoria de flujo en
10. tre la entrada 143 y la salida 142 del cambiador de ca-
lor 138, y la línea 192 ilustra la trayectoria de flui-
do entre la entrada 158 y la salida 170.
15.

El aparato 110 funciona de manera análoga al
aparato 10, con la excepción de la manera en que el -
producto se deja dilatar dentro de los separadores 139
20. y 145, que no es igual en las conducciones equivalen-
tes 50 y 56 del aparato 10. Como el gas natural previa-
mente enfriado que entra en el recipiente separador -
114 contiene componentes gaseosos y líquidos, la frac-
ción líquida se acumula en la porción inferior del re-
25. cipiente para su descarga final del mismo a través de
la conducción 124. El líquido reforzador del recipien-
te 114 es dirigido al gas contenido en la conducción -
122 bajo el control de la válvula 128. El gas descarga
30. do del recipiente 114 a través de la abertura superior



293448

- del mismo es licuado por el etileno que fluye a través del enfriador 132, con lo cual se dirige un producto líquido a la entrada 116 del cambiador de calor 118. La sucesiva dilatación del producto en los recipientes -
5. 139 y 145, tiene por resultado finalmente el enfriamiento de una proporción del gas licuado a una temperatura a la que aquel permanecerá en condición a la presión atmosférica, dentro de la unidad de almacenamiento 144. El reforzamiento del gas en la conducción 122
 10. por producto hidrocarburo superior líquido procedente del separador 114, mantiene el valor calorífico del gas situado en la conducción de entrada 112, resultando necesariamente en el hecho de que el producto licuado contenido en la unidad de almacenamiento 144 tenga
 15. también un valor calorífico equivalente a las corrientes de gas entrante y saliente.

- Exponiendo de nuevo un ejemplo ilustrativo de condiciones típicas para un funcionamiento continuo del aparato 110 en forma similar al ejemplo descrito -
20. anteriormente con relación al aparato 10, puede suponerse que se suministra 1.657×10^{11} m³ por día de gas natural conteniendo nitrógeno, metano e hidrocarburos superiores, al recipiente separador 114 a través de la conducción 112. Este gas se encuentra a una presión de
 25. 42 kgs/cm² a una temperatura de -79°C y tiene un valor calorífico de 9.210 kilocalorías por m³ standard. Bajo las condiciones especificadas, se recogen en el recipiente 114 $6,17 \times 10^9$ m³ por día de hidrocarburo superior líquido con un contenido calorífico de 13.350 kilocalorías por pié cúbico standard. El gas procedente
 - 30.

293448



de la salida del separador 114 tendrá por consiguiente un valor calorífico de 9.033 kilocalorías por m³. standard. El gas que pasa al exterior del extremo superior del recipiente 114 fluye a través del enfriador 132 y es descendido a una temperatura de -97°C por etileno licuado que pasa a través del enfriador a una temperatura de entrada de -100°C.

El producto licuado que fluye a lo largo de la trayectoria 186 del cambiador de calor 188, es reducido en temperatura desde el nivel de entrada de -97°C a -108°C. La dilatación del gas licuado a través de la válvula 154 y al interior del separador 139 disminuye mas aún la temperatura del producto a -134°C, fluyendo el material licuado al cambiador de calor 138 a través de la conducción 141. El gas acumulado en la parte superior del recipiente 139 es devuelto al cambiador de calor 118 a través de la conducción 150. El gas que fluye al exterior de la salida 126 del cambiador de calor 118 tendrá una temperatura de -100°C y la presión del producto licuado que fluye a través de la válvula de dilatación 154 se disminuye preferiblemente aun nivel de 5,62 kg/cm² aproximadamente. El gas natural licuado que fluye a lo largo de la trayectoria 190 del cambiador de calor 138 disminuirá su temperatura de -134 a -138°C aproximadamente con lo cual el ulterior descenso de la presión del líquido a través de la válvula de dilatación 160 aproximadamente a 1,24 kg/cm² disminuye la temperatura del producto a -159°C aproximadamente. El líquido situado en la porción inferior del recipiente separador 145 -

233440



- fluye a través de la válvula de dilatación 148 a la -
unidad de almacenamiento 144. La válvula 148 disminu-
ye la presión del líquido al nivel atmosférico, efec-
tuando un ulterior descenso de la temperatura del gas
5. licuado a -161°C . El gas procedente de la parte supe-
rior del recipiente separador 145 fluye a través de -
la conducción 149 al cambiador 138 para fluir a lo -
largo de la trayectoria 192 a la conducción 168 que
lleva a la conducción 174. La temperatura del produc-
10. to que fluye a lo largo de la trayectoria 192 se au-
menta aproximadamente a -137°C desde el nivel de -159°C
en el recipiente 145. El producto que fluye a través
de la conducción 168 se combina con el vapor proceden-
te de la parte superior del gas natural licuado exis-
15. tente en la unidad de almacenamiento 144, que se diri-
ge al cambiador de calor 118 a través de la conduc-
ción 174, con lo cual el gas es puesto en relación de
intercambio térmico con el gas licuado que fluye a lo
largo de la trayectoria 186, resultando que el gas -
20. que emana de la salida 178 del cambiador de calor 118
y que fluye por la conducción 180, tiene una tempera-
tura de -100°C aproximadamente.

- La cantidad de gas descargado de las partes
superiores de los recipientes separadores 139 y 145 -y
25. de la unidad de almacenamiento 144 resulta ser de $7,08$
 $\times 10^{10}$ m³ de producto por día, introducidos en la uni-
dad citada, mientras que se descargan $9,39 \times 10^{10}$ m³
por día de gas de la conducción de salida 200, repre-
sentando la combinación de gas de las conducciones -
30. 122 y 180. Los $6,17 \times 10^9$ m³ por día de 13.350 kiloca



293448

- lorías por m³ standard de hidrocarburos superiores in-
troducidos en la conducción 122 a través de la conduc-
ción 124, hace que el gas de salida de la conducción
200 tenga una potencia calorífica de 9.205 kilocalo-
5. rías por m³ standard, que es igual al contenido calo-
rífico del producto de la unidad de almacenamiento -
144, e igual también a la potencia calorífica del gas
de entrada situado en la conducción 112. La cantidad
final de gas de salida en la conducción 200 está cong-
10. tituida por estas 13.350 kilocalorías mas 4.815×10^{10}
m³ por día de 8.900 kilocalorías por m³ standard de -
gas que fluye a través de la conducción 122, y 3.962
por 10^{10} m³ por día de 8.900 kilocalorías por m³ stan-
dard de gas que fluye a través de la conducción 180.
15. Los cambiadores de calor 184 y el compresor 182 sir-
ven para incrementar la temperatura del gas final a
+10°C y a una presión de 3,51 kg/cm².

- Así, puede verse que el aparato 10, así co-
mo el aparato 110, funcionan manteniendo los valores
20. caloríficos de las corrientes gaseosas de entrada y
salida iguales, pero con una proporción algo mayor de
gas licuado para su almacenamiento en el aparato 10,
con relación al caso del aparato 110.

N O T A

25. Descrita suficientemente la naturaleza del
invento, así como la manera de realizarlo en la prác-
tica, debe hacerse constar que las disposiciones ante-
riormente indicadas, son susceptibles de modificacio-
nes de detalle, en cuanto no alteren su principio fun-
30. damental. También se hace constar que el invento -



293448

corresponde a una solicitud de patente presentada en Las Bahamas con fecha 23 de mayo de 1.963 bajo el número 282.727 acogándose, por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vi

5. gor y siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años, en España "Método y aparato para controlar la potencia calorífica de una corriente de gas, contenido en un almacenamiento de gas licuado",
10. caracterizándose por lo siguiente:

- 1ª.- "Método y aparato para controlar la potencia calorífica de una corriente de gas, contenido en un almacenamiento de gas líquido", especialmente método para mantener las corrientes gaseosas naturales de entrada y salida con potencias caloríficas sustancialmente iguales, en un sistema de transmisión de corrientes de gas natural que tiene una unidad de almacenamiento de gas natural licuado, y en el que el gas de entrada contiene nitrógeno, una proporción mayor
15. de metano, conjuntamente con N_2 y C_2 e hidrocarburos superiores, caracterizado por enfriar una porción por lo menos de la corriente de gas entrante a un primer nivel de temperatura para licuar cierta proporción de los hidrocarburos superiores contenidos en ella sin
20. licuar el volumen del metano contenido en la misma; retirar los hidrocarburos superiores licuados de la porción enfriada de dicha corriente de gas entrante; enfriar por lo menos una porción de la corriente de gas entrante a un segundo nivel de temperatura para efectuar su licuación y producir un gas licuado; confinar
- 25.
- 30.

203448



- dicho producto gaseoso licuado en una unidad de almacenamiento; permitir la vaporización de cierta proporción de dicho producto gaseoso licuado; pasar el gas natural vaporizado al exterior de la citada unidad de almacenamiento para formar por lo menos una porción de dicha corriente de gas saliente; y añadir hidrocarburos superiores de la citada proporción determinada a la corriente de gas saliente a un ritmo que mantenga la potencia calorífica de la corriente de gas saliente a una relación predeterminada con la potencia calorífica de la corriente de gas entrante.
- 5.
- 10.

2ª.- Método según reivindicación 1ª, caracterizado porque toda la citada corriente de gas entrante es descendida a dicho primer nivel de temperatura.

- 15.
- 3ª.- Método según reivindicación 1ª, caracterizado porque la potencia calorífica de la corriente de gas saliente es medida continuamente durante la adición de los citados hidrocarburos superiores a la misma, y la cantidad de hidrocarburos superiores añadidos a la corriente gaseosa de salida se controla de acuerdo con las mediciones de las potencias caloríficas efectuadas sobre ella para mantener dicha relación entre las potencias caloríficas de la corriente gaseosa de entrada y de la corriente gaseosa de salida.
- 20.

- 25.
- 4ª.- Método según reivindicación 1ª, caracterizado porque la porción de la corriente gaseosa de entrada descendida a dicho segundo nivel de temperatura es dilatada a una presión sustancialmente atmosférica antes de que el producto líquido sea pasado a la mencionada unidad de almacenamiento.
- 30.

293448



5^a.- Método, según reivindicación 1^a, caracterizado porque la cantidad del referido producto líquido que se deja vaporizar es la cantidad que mantiene termicamente la temperatura del producto líquido -
5. al segundo nivel de temperatura citado.

6^a.- Método, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la porción de dicha corriente de entrada descendida a la segunda temperatura mencionada es dilatada para efectuar su enfriamiento y -
10. producir así una fase gaseosa y el citado producto líquido durante su dilatación, mezclándose dicha fase gaseosa con el gas natural vaporizado procedente de la mencionada unidad de almacenamiento, proporcionando por lo menos una parte de la mencionada corriente gaseosa de salida.
15.

7^a.- Método, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una porción del producto gaseoso licuado es retirada en un segundo punto y pasada en relación de cambio de calor con la corriente de gas licuada a dicho segundo nivel de temperatura corriente arriba del segundo punto mencionado; y la citada porción de la corriente de gas licuado se deja dilatar mientras se encuentra en relación de intercambio térmico con la mencionada corriente de gas licuado para enfriar adicionalmente esta última.
20.
25.

8^a.- Método, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una segunda porción de la corriente de gas licuado es retirada de la porción restante de la corriente de gas licuado en un tercer punto, pasándose dicha segunda porción de la corriente
30.



293448

de gas licuado en relación de intercambio térmico con la mencionada porción restante de la corriente de gas licuado corriente arriba de dicho tercer punto.

- 9^a.- Método, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una suficiente cantidad del producto gaseoso licuado en dicha unidad de almacenamiento se deja vaporizar para mantener la proporción principal del producto gaseoso natural en la unidad de almacenamiento en condición líquida.
- 5.
10. 10^a.- Método, según reivindicación 9^a, caracterizado, porque el vapor de dicho producto en la unidad de almacenamiento es pasado en relación de intercambio térmico con la corriente de gas licuado que fluye hacia dicha unidad.
15. 11^a.- Método, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una suficiente cantidad de hidrocarburos superiores procedente de la citada proporción determinada de los mismos se añade a la combinación del gas que pasa al exterior de dicha unidad y que es retirada de la citada corriente gaseosa licuada principal en los mencionados puntos segundo y tercero para mantener el valor calorífico de dicha combinación gaseosa sustancialmente igual al valor calorífico de la corriente de gas natural entrante.
- 20.
25. 12^a.- Aparato para la realización práctica del método descrito en las reivindicaciones anteriores, caracterizado por comprender una conducción de entrada de gas; una conducción de salida de gas; una estructura acoplada a dicha conducción de entrada para enfriar el gas natural que fluye a través de ella a un
- 30.



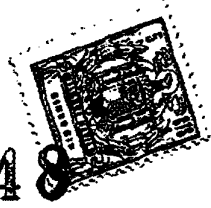
293448

- primer nivel de temperatura para efectuar la licuación de una determinada proporción de los hidrocarburos superiores presentes en el gas sin efectuar la licuación del volumen del metano contenido en él; incluyendo dicha estructura medios para separar la fase gaseosa de la fase líquida del producto gaseoso natural; componentes funcionalmente conectados a dicha estructura para enfriar por lo menos una porción de la fase gaseosa del gas natural que emana de dicha estructura, a un segundo nivel de temperatura a fin de efectuar su licuación y producir un gas licuado; una unidad de almacenamiento acoplada a dichos componentes para recibir el gas licuado de ellos; medios de conducción que acoplan la unidad de almacenamiento a dicha conducción de salida para dirigir vapor desde el producto gaseoso licuado contenido en la unidad de almacenamiento a la conducción de salida; y medios funcionalmente asociados a dicha conducción de salida y a los medios separadores de dicha estructura para añadir una suficiente cantidad de hidrocarburos superiores recogidos de dicha estructura a la corriente gaseosa de salida en la citada conducción de salida a un ritmo tal que se equilibre sustancialmente las potencias caloríficas de la corriente gaseosa de entrada y de la corriente gaseosa de salida en las respectivas conducciones.
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.

13ª.- Aparato, según reivindicación 12ª, caracterizado porque los citados componentes incluyen medios conductores entre dicha estructura y la unidad de almacenamiento, dispositivos de cambio de calor funcionalmente asociados al citado conducto para hacer des -

- 30.

293448



cender la temperatura del gas que emana de dicha estructura a un nivel de licuación del mismo, un par de válvulas de dilatación interpuestas en dicho conducto corriente abajo de los citados dispositivos de cambio de calor, un separador de líquidos en el conducto corriente abajo de cada una de las válvulas de dilatación, y medios transportadores de fluido acoplados a separadores de líquidos y a la conducción de salida para transportar el producto en fase gaseosa desde dichos separadores a la conducción de salida.

14^a.- Aparato, según reivindicaciones 12^a y 13^a, caracterizado porque se establece un segundo dispositivo de cambio de calor en dichos medios de transporte de fluido y en los citados medios conductores para poner los productos que fluyen a través de ellos en relación de intercambio térmico, estando situado el segundo dispositivo de cambio térmico mencionado entre dichas válvulas de dilatación.

15^a.- Aparato, según reivindicaciones 12^a - 14^a, caracterizados porque los componentes incluyen medios conductores entre la estructura y la unidad de almacenamiento citada, un par de cambiadores de calor en relación en serie en dichos medios conductores, una primera conducción que comunica los medios conductores en un punto situado entre los citados cambiadores de calor con la conducción de salida y funcionalmente acoplada al primer cambiador de calor corriente abajo de dicha estructura para poner al producto gaseoso licuado retirado de los medios conductores en relación de cambio térmico con el producto gaseoso licuado que flu

ye a través de los medios conductores en relación de contracorriente, una válvula de dilatación en la primera conducción citada entre los medios conductores y el primer cambiador de calor, y una segunda conducción que comunica los medios conductores con un punto situado corriente abajo del segundo cambiador de calor con la conducción de salida y funcionalmente acoplada al segundo cambiador de calor citado para poner al producto gaseoso licuado retirado de los medios conductores en relación de cambio térmico con el producto gaseoso licuado que fluye a través de los medios conductores en relación de contracorriente.

16^a.- Aparato, según reivindicación 15^a, caracterizado porque la segunda conducción está acoplada a dicho cambiador de calor primero para poner al citado producto retirado de los medios conductores y pasados a través de dichos segundos medios conductores en relación de intercambio térmico con el producto gaseoso licuado que fluye a través de los citados medios conductores en relación de contracorriente.

17^a.- Aparato, según reivindicación 16^a, caracterizado porque los medios conductores comunican la unidad de almacenamiento con la citada segunda conducción entre los cambiadores de calor primero y segundo mencionados.

18^a.- "Método y aparato para controlar la potencia calorífica de una corriente de gas, contenido en un almacenamiento de gas licuado"; tal y como queda substancialmente descrita en la presente Memoria e ilustrado en los adjuntos dibujos.

293448



Esta memoria consta de treinta y cuatro ho-
jas escritas a máquina por una sola cara.

12 NOV. 1963

Madrid,

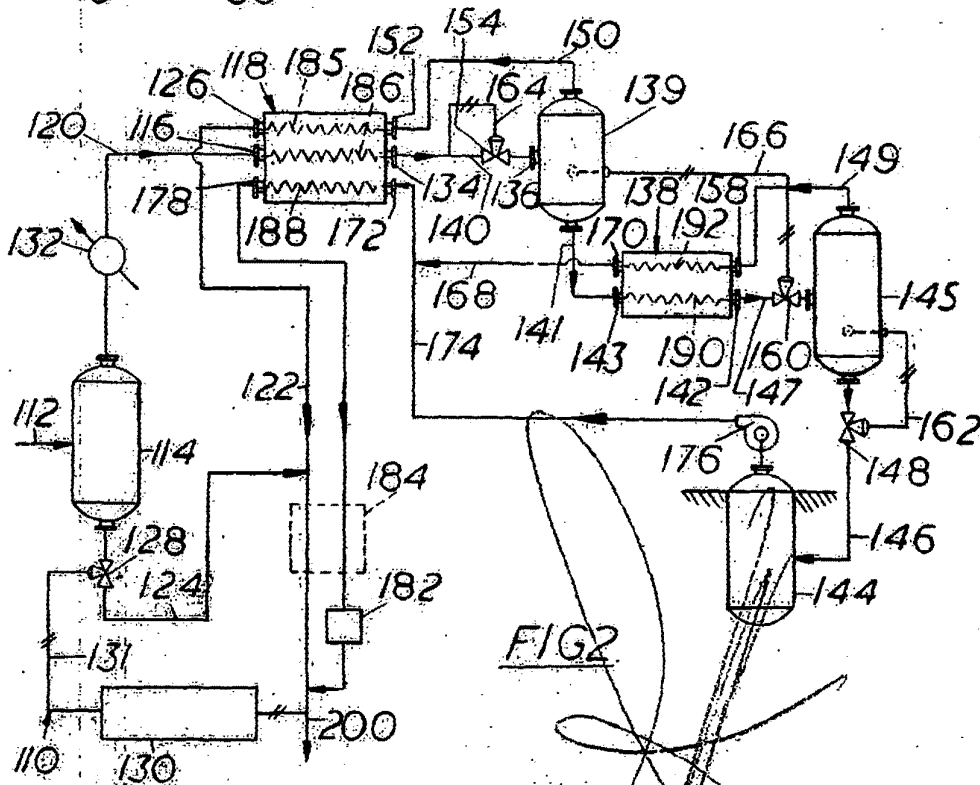
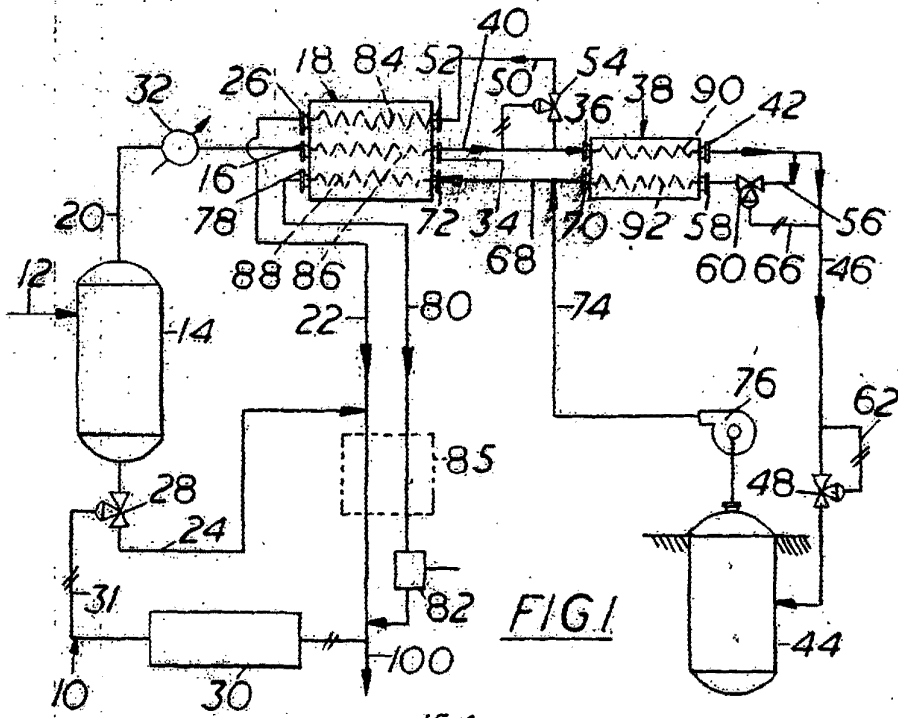
CONCEPT INTERNATIONAL

METROLINE LIMITED,

ALOMAR, CEBOL Y MODELO

293448

ESCALA VARIABLE



2 NOV. 1963

Madrid,

GOMEZ ICEBO Y MODEY