

M-Case 257  
U.S. Serial 526.983  
U.S. Serial 527.158  
U.S. Serial 527.288



336766

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud de

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 13 de Febrero de 1.967, con el núm. 336.766

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de INSTITUTE OF GAS TECHNOLOGY, entidad nortea-  
mericana, establecida en 3424 South State Street, IIT -  
Center, Chicago, Illinois, Estados Unidos de América, por:

" METODO PARA ALMACENAR GASES LICUADOS BAJO TIERRA A PRE  
SION SUSTANCIALMENTE ATMOSFERICA "

La presente invención se refiere a un método -  
nuevo y perfeccionado para almacenar bajo tierra grandes  
volúmenes de gases licuados, esencialmente a la presión  
atmosférica y de modo seguro y económico. Más especial-  
mente, la invención se refiere al almacenaje de gases -  
licuados en cuevas o estructuras rocosas, tales como las  
excavaciones de canteras próximas a la superficie del -

5



terreno, estando las cuevas o estructuras aisladas y re-  
 vestidas para tener bajas velocidades de evaporación y -  
 contener con la debida seguridad los gases líquidos de  
 baja temperatura, esencialmente a la presión atmosférica.

5 Si bien los proyectos particulares de cuevas realizadas  
 conforme a este invento se hicieron para el almacenaje  
 de gas natural licuado, la cueva de almacenaje puede uti-  
 lizarse con éxito para guardar a presiones atmosféricas  
 otros gases que hayan sido enfriados hasta darles el es-  
 10 tado líquido, tales como el etano, el propano y el buta-  
 no, así como el amoníaco, dióxido de carbono, argón, ni-  
 trógeno e hidrógeno.

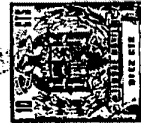
En el pasado, el almacenaje de los gases licua-  
 dos se ha venido haciendo sea a la presión atmosférica,  
 15 sea a una presión superatmosférica. Para guardarlo a la  
 presión atmosférica, el gas debe ser licuado y mantenido  
 en almacenaje en la forma líquida, lo que en el caso del  
 gas natural significa mantenerlo aproximadamente a -161°C.  
 Para reducir la entrada de calor al líquido a punto de -  
 20 hervir se necesita un aislamiento, a fin de reducir el -  
 coste de la instalación de relicuación. En la actualidad  
 se suelen guardar los gases licuados en unos recipientes  
 metálicos o de hormigón sobre la superficie del terreno,  
 y en recipientes de hormigón enterrados o parcialmente -  
 25 enterrados. Estos recipientes o depósitos se aíslan con-  
 forme al grado o velocidad de evaporación admisible.

El almacenaje en tales recipientes o depósitos  
 presenta ciertas dificultades. En el caso de los recipien-  
 tes aislados, situados sobre la superficie del terreno,  
 que guardan grandes cantidades de líquido combustible -

altamente volátil, es preciso rodearlos de una amplia -  
área de terreno inhabitado y de un sistema de canaliza-  
ción adecuado, por razones de seguridad. Asimismo, los  
recipientes de almacenaje sobre la superficie del terreno  
5 tienen otra limitación, que es la de tamaño, que restrin-  
ge la capacidad a los 300.000 barriles. Por consiguiente,  
se hace necesario disponer de instalaciones que admitan  
un gran volumen de almacenaje (3.000.000 de barriles).

Cuando se emplean recipientes o depósitos de -  
10 hormigón subterráneos o parcialmente subterráneos, la ca-  
pacidad máxima viene limitada por consideraciones de pro-  
yecto, que darían por resultado la instalación de muchas  
unidades para el almacenaje de grandes volúmenes de gas  
licuado. En uno y otro caso, los gases en estado líquido  
15 y de vapor no se confinan por completo bajo tierra a pro-  
fundidad importante. En las patentes EE.UU. 3.151.416 y  
3.196.622 se ilustran sistemas que responden a la descrip-  
ción dada más arriba.

Hasta ahora, los gases licuados se vienen alma-  
20 cenando completamente bajo tierra en cuevas rocosas, a  
presiones superatmosféricas y temperaturas relativamente  
superiores, como se describe en las patentes de EE.UU.  
3.058.316 y 3.205.665. La elevada presión hace necesario  
situar la cueva a una profundidad suficiente para que la  
25 presión de carga de la capa superior compense o supere -  
a la presión de almacenaje del líquido. Además, el mante-  
nimiento de la presión presenta problemas, y hace neces-  
ario el empleo de un pozo vertical de pequeño diámetro. Se  
pierde volumen de almacenaje cuando se almacenan gases a  
temperaturas y presiones relativamente altas, debido a la



menor densidad del líquido. Los métodos de alta presión utilizan hielo, o una matriz de hielo, para crear la impermeabilidad de la masa rocosa al gas licuado o vaporizado. En ciertas condiciones de presión y temperatura, puede aparecer una indeseable formación de hidratos de hidrocarburo, dando lugar a una pérdida del producto almacenado. Resulta difícil atemperar o dar los convenientes ciclos térmicos a la cueva, ya que la fusión de la matriz de hielo puede dar lugar a una pérdida de la compacidad e impermeabilidad del sistema. Los sistemas de almacenaje de alta presión de estos tipos carecen también de aislamiento, por no disponerse de método alguno económico para aislarlos; y, por consiguiente, en estos sistemas se experimentan vaporizaciones de gas a bastante velocidad, debido a las relativamente intensas entradas de calor, desde la roca desnuda, al gas licuado de baja temperatura.

Para aislar tales cuevas, la densidad del aislamiento que se utilice debe ser bastante alta, para resistir la presión interna. Esto da lugar a una notable reducción del carácter aislante del material utilizado, y hace necesario un mayor espesor de aislamiento. Así, el aumento de profundidad, la presión y el aislamiento (de emplearse alguno de éstos) resultan costosos. Tales sistemas de almacenaje son antieconómicos para guardar grandes volúmenes de gases licuados.

Por todo ello, es objeto de esta invención un método de almacenaje de gases licuados, mediante el cual es posible superar estas dificultades, y que resulta más económico, seguro y sencillo de construir que los sistemas

hasta ahora puestos en práctica.



5 Otro objeto importante de esta invención reside en un método de almacenaje seguro de gran volumen, en el que puede emplearse una sola unidad de almacenaje, en lugar de varias instalaciones.

10 Es asimismo objeto de esta invención un método económico para el almacenaje de gases licuados, incluidos gases tales como el metano, gas natural, etano, propano, butano, hidrógeno, amoníaco, dióxido de carbono, argón, nitrógeno y otros gases, a la presión atmosférica y a temperaturas criogénicas.

15 Un objeto particular de este invento consiste en dar un máximo de seguridad en el almacenaje de grandes cantidades de energía, cuando hay fases tanto de líquido como de gas confinadas completamente bajo tierra.

20 Otro objeto más de esta invención consiste en reducir al mínimo el área de terreno, en superficie, necesaria para el almacenaje de gases licuados, y permitir el máximo aprovechamiento de la misma para otros usos, especialmente en áreas populosas.

Otro objeto más de la invención reside en utilizar métodos de minería modernos, que permiten un acceso inclinado de gran área para ejecutar la necesaria excavación con rapidez y economía.

25 Es también objeto de esta invención utilizar los recipientes de forma irregular resultantes de tal excavación para contener gases licuados.

30 Es objeto adicional de este invento habilitar un material de aislamiento que prevenga la entrada o afluencia de calor desde la roca desnuda al líquido frío.

20.3.67

336766

- 5 -

~~336596~~



Otro objeto más de esta invención reside en asegurar que la roca circundante no queda expuesta a temperaturas extremadamente bajas.

5 Es asimismo objeto de esta invención habilitar medios para llenar, vaciar, aliviar y dotar de instrumentos una cueva de almacenaje subterráneo para gases licuados, por medio de una sola entrada en un sistema de mamparos, atenuándose de ese modo las fugas o escapes de la cueva.

10 El método de la presente invención, de almacenar bajo tierra gases líquidos, a presión esencialmente atmosférica, comprende las etapas de: excavar una cueva cerrada en roca bajo tierra, con un túnel de acceso inclinado de gran área de sección transversal; impermeabilizar la superficie interior de roca de dicha cueva con  
 15 una sustancia impenetrable al agua, para reducir el mínimo la infiltración de agua en estado líquido o de vapor en dicha cueva; aislar el interior de dicha cueva con una pluralidad de capas de aislamiento esponjoso o de espuma; a una capa, por lo menos, de dicho aislamiento, fijarle  
 20 un material de barrera impenetrable al líquido y vapor, para impedir la pérdida del gas licuado almacenado, a través de dichas capas de aislamiento; disponer un medio de cierre hermético impenetrable al líquido y vapor cubriendo el área grande de sección transversal de dicho  
 25 túnel de acceso inclinado; y mantener dicha cueva esencialmente a la presión atmosférica y a la temperatura del punto de ebullición normal del gas licuado almacenado a dicha presión.



para almacenar gases licuados esencialmente a la presión atmosférica, comprende: un túnel de acceso inclinado de gran área en sección transversal, que tiene su extremo superior al nivel del suelo; una cueva cerrada en roca, al extremo inferior de dicho túnel de acceso; en dicho túnel de acceso, medios para cerrar herméticamente dicha cueva impidiendo el paso de líquido o de vapor al interior o al exterior de dicha cueva; en la superficie de dicha cueva rocosa, medios impermeabilizantes o de cierre hermético, impenetrables al agua líquida o en vapor, para reducir al mínimo la infiltración de agua en estado líquido o de vapor en dicha cueva; medios aislantes que cubren la superficie interior de dicha cueva; medios de barrera impenetrables al líquido y vapor, fijados a dichos medios aislantes, para impedir el paso de líquido o de vapor al exterior de dicha cueva a través de dichos medios aislantes; y medios para transportar gas licuado al interior y al exterior de dicha cueva, para su almacenaje en ella - esencialmente a la presión atmosférica y a la temperatura normal de ebullición de los gases licuados almacenados, a dicha presión.

En los dibujos adjuntos, en los que se designan con los mismos números de referencialas partes semejantes:

- la figura 1 es una vista en planta esquemática de una cueva de almacenaje subterráneo, e ilustra el método de acceso a la cueva y de excavación;

- la figura 2 es un alzado lateral esquemático, que ilustra el método de acceso a la cueva, y de excavación;

- la figura 3 es una vista en perspectiva que -

30  
20.3.67

336766 - 7 - ~~336500~~



ilustra una parte de la cueva, con las válvulas, tuberías de circulación y elementos de control necesarios para trabajar en el almacenaje de gases licuados;

5 - la figura 4 es una vista lateral parcial, en sección, que muestra los medios de aislamiento y los medios de revestimiento de la invención, tal como aparecen en una cueva de almacenaje en roca terminada;

- la figura 5 es una vista ampliada de parte de la fig. 4;

10 - la figura 6 es una vista lateral ampliada, que representa los medios por los cuales se fijan entre sí - los paneles aislantes de la invención, dentro de la cueva practicada en roca;

15 - la figura 7 es una vista en perspectiva que ilustra una de las formas de cinta de cierre hermético utilizada para impermeabilizar las uniones de los paneles;

20 - la figura 8 es una vista en perspectiva que ilustra otra forma de ejecución de la cinta impermeabilizante para los paneles;

- la figura 9 es un alzado frontal que representa los medios de cierre hermético contra el vapor, tal como aparecen en el acceso inclinado de una cueva practicada en roca; y

25 - la figura 10 es una vista superior por la línea 10-10 de la fig. 9.

En términos generales, la invención comprende - el recurso de excavar una cueva, minada por cámaras y pilares, por medio de un amplio acceso inclinado que permite la rápida entrada y salida del equipo pesado, a los -



fines de una eficaz y económica excavación; cubrir las -  
paredes, el suelo, el techo y los pilares con un impermea-  
bilizante que impida la entrada de agua o humedad; aislar  
todas las superficies de roca con una o más capas de un -  
5 material aislante espumoso o esponjoso disponiendo, inte-  
riormente al aislamiento, un material de revestimiento im-  
penetrable al líquido y al gas; dotar al acceso de un sis-  
tema de dobles mamparos para contener el líquido y el gas;  
habilitar medios para llenar, vaciar, aliviar y dotar de  
10 instrumentos, a través del doble mamparo, asegurando así  
un almacenaje de seguridad, completamente subterráneo, de  
los gases licuados y a la presión atmosférica.

Antes de la excavación, es esencial determinar,  
por medio de perforaciones de ensayo o calas, las forma-  
15 ciones geológicas, la naturaleza y tipo de roca y la pre-  
sencia de agua subterránea. La determinación de las cuali-  
dades estructurales de la roca a temperaturas ambientes -  
y criogénicas y los diseños de distribución de fracturas -  
predominantes, conducen a un proyecto de la cueva con ga-  
20 rantías de seguridad. A pesar de que la roca no se encon-  
trará en ningún momento con temperaturas criogénicas, esta  
información preliminar resulta útil para valorar las cuali-  
dades de astillado de la roca, en el caso de que haya mi-  
gración de líquido a través de grietas o quebraduras no -  
25 previstas en el sistema de revestimiento aislante. Se so-  
breentiende que la roca circundante constituye la estruc-  
tura externa de la cueva de almacenaje y, como la roca es-  
tá sometida tan sólo al peso hidrostático del líquido, el  
tamaño de las aberturas o luces entre pilares viene en -  
30 gran parte gobernado por el carácter estructural de la ro



ca.

5                   Donde sea necesario, y especialmente en el techo, puede necesitarse alguna fortificación para asegurar la integridad estructural. Tal fortificación es de tipo ya conocido en la rama de la minería, y no se describirá aquí con detalle. Los elementos de fortificación han de estar hechos de materiales que no presenten fallos por quebradizos, y que sean capaces de resistir las temperaturas criogénicas. Las tensiones inducidas térmicamente en el techo se reducen considerablemente por medio de un eficaz aislamiento, cuya extensión depende de las reducidas velocidades de vaporización deseadas. El material de revestimiento impermeable da la seguridad de que no ocurrirá migración alguna de líquido ni de vapor a través o al interior del aislamiento.

10

15

                  Con referencia a los dibujos, la fig. 1 ilustra esquemáticamente el método de acceso y de excavación empleado en la construcción de una cueva conforme al presente invento. Para todo ello se utilizan equipos de minería usuales. La etapa inicial de la excavación consiste en dejar al descubierto el portal de acceso, quitando la capa superior del suelo 1 hasta llegar al lecho de roca.

20

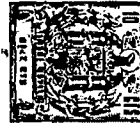
                  El volumen de suelo a remover depende de la profundidad de éste y de su ángulo de reposo 2 (fig. 2). Una vez quitada la capa superior del suelo y terraplanada en el portal, se practica el acceso inclinado 3 en el lecho de roca, a la profundidad elegida. La pendiente del acceso inclinado 3 viene gobernada por la que resulte practicable para los vehículos excavadores. Puede utilizarse un acceso recto o curvilíneo, según el área de su-

25

30

perficie de terreno de que se disponga. El empleo de un acceso curvilíneo reduce el espacio en planta necesario para el acceso. Durante la excavación del acceso, puede ser necesario sostener una parte o la totalidad de la longitud del mismo, con puentes o estemples de entibación, debido a la erosión superficial de la roca. La entrada de agua por fisuras puede ser controlada por medio adecuados, tales como los de rellenar con lechada. A lo largo del acceso inclinado 3 se excava un sumidero 5 para recoger el agua que entre por precipitación y que corra desde el portal. Para llevar el agua acumulada desde el sumidero 5 al nivel del suelo se disponen unos medios de bomba y de tubería (no representados).

Una vez terminado el acceso inclinado 3, se excava la cueva de almacenaje 6. En roca dispuesta por capas como, por ejemplo, las rocas sedimentarias estratificadas o en franjas, y las rocas ígneas que presenten formaciones en láminas, juntas y/o fracturas, es preferible hacer la cueva por cámaras y pilares. La luz de cada cámara y las dimensiones de los pilares 7 dependen del comportamiento estructural de la roca, determinado por los ensayos físicos de los cilindros de muestra tomados durante la selección del emplazamiento, y por la presencia y el carácter de las discontinuidades dejadas al descubierto en la roca durante las operaciones de excavación. En toda la operación se ha de recurrir a la técnica y práctica de buena minería. La proporción de la cueva representada por los pilares variará del 50% a menos del 10%, según los parámetros indicados. En roca monolítica, maciza e idónea, pueden eliminarse los pilares utilizando un techo en bóve



da debidamente fortificado. La idoneidad de tal estructura se habrá determinado antes de la excavación, por el análisis de las mencionadas perforaciones y probetas.

5 Como antes se ha dicho, puede ser necesaria la fortificación del techo de la cueva de modo ya conocido en la técnica de la minería, para asegurarse la integridad estructural. Cuando se utilicen elementos de entibación, de preferencia se instala una tela metálica debajo de la placa de asiento del elemento de entibación para -  
10 impedir que se desmorone la roca en torno a éste. El desmoronamiento reduce la tensión en el elemento de entibación y, por tanto, su eficacia. Entre los elementos de entibación y unos elementos de fijación adecuados (utilizados donde no son necesarios los de entibación), esta -  
15 tela metálica retiene los fragmentos de techo o de roca que haya sueltos.

Tras de excavar la cueva y colocar los elementos de entibación, los de fijación y la tela metálica que haya hecho falta, se retiran los escombros y se lavan las  
20 paredes, el techo y el suelo, si están cubiertos de polvo. A continuación se aplica un impermeabilizante, de preferencia por aspersión o atomización, a la roca desnuda, para impedir la infiltración de agua o humedad al interior de la cavidad. Puede emplearse cualquier material impermeabilizante contra el agua, de que se disponga en el mercado;  
25 por ejemplo, los que se basan en la silicona o en el torio. La cavidad se halla entonces dispuesta para instalar el sistema de revestimiento aislante que más adelante se describe.



puede utilizarse cualquier método de minería ya conocido para excavaciones poco profundas. Un método especialmente útil es el que implica la retirada de roca por tajos o cortes horizontales. En este método, el tajo superior se  
5 saca a través de la cavidad desde el acceso según las dimensiones dictadas por la forma de la cavidad. El vaciado de este tajo se efectúa mediante rondas alternas de perforación y barrenos y recogiendo la roca fragmentada, que es retirada a través del acceso mediante vehículos adecuados,  
10 o por medio de un sistema de transportador móvil. Después de extraído el tajo superior, se prolonga el acceso a lo largo de su pendiente, y se practica un segundo tajo horizontalmente, a lo ancho de la cavidad, de las dimensiones deseadas. Si la cavidad tiene el techo en bóveda, el segundo  
15 tajo será en planta más grande que el tajo superior. Si se utiliza un techo plano, las dimensiones del segundo tajo coincidirán con las del superior. La manipulación de los fragmentos de roca al practicar el segundo tajo es semejante a la del anterior. Los tajos o cortes se repiten  
20 hasta que la cavidad queda excavada en la profundidad deseada. Las fracturas o fisuras portadoras de agua que se encuentren al practicar un tajo, se cierran o impermeabilizan con cemento o lechadas químicas según necesidades.

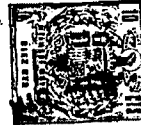
Como mejor se ve por las figs. 2 y 3, el acceso  
25 inclinado 3 está provisto de una barrera de vapores 6 y un mamparo de líquidos 9, que constituyen el sistema de doble mamparo de la invención. El mamparo 9 de líquidos funciona a modo de represa o elemento de contención y está situado en el acceso inclinado, por debajo de la barrera  
30 de vapores. La altura del mamparo 9 viene determinada por

20.3.67

336766

- 13 -

~~336500~~



30

5 el nivel del líquido en las condiciones de llenado al má-  
ximo, y su función es la de contener el líquido dentro -  
de la cueva. Aún cuando, conforme a esta invención, se -  
prefiere utilizar este mamparo, puede prescindirse de él  
10 si se estima conveniente, y mantener el gas licuado conte-  
nido en la cueva únicamente por la barrera de vapores.  
El mamparo 9, de utilizarse, se extiende a todo lo ancho  
del acceso, y puede estar hecho de un material cualquiera,  
preferiblemente de acero, capaz de resistir la carga del  
15 líquido. La carga de proyecto del mamparo 9 es semejante  
a la de un muro de contención. En la construcción, el -  
mamparo se ancla preferiblemente en las paredes y en el  
suelo, pudiendo utilizarse relleno de rocas de la propia  
excavación, si así se precisa o conviene, para soportar -  
20 la carga de líquido. El aislamiento y el revestimiento -  
impermeable a los vapores se fija a la superficie del -  
mamparo de líquidos, cubriendo por entero todas las su-  
perficie que haya al descubierto. La situación o lugar  
de emplazamiento del mamparo de líquidos en el acceso -  
inclinado se selecciona con el criterio de mantener entre  
25 la parte superior del mamparo y el techo del acceso un -  
espacio suficiente para acomodar todas las tuberías y -  
conducciones. Esto evita tener que hacer pasar los tubos  
y conducciones a través del mamparo, lo que daría lugar  
a dificultades para la impermeabilización.

El nivel de la base de la barrera de vapores 6  
en el acceso inclinado ha de estar por encima del nivel  
máximo de líquido en la cavidad. Así, en ningún momento  
estará la barrera de vapores en contacto con el líquido  
que se esté almacenado, sino tan sólo con los vapores en



friados.

La barrera de vapores 6 se ilustra en las figs. 9, 10 y 13, y está construida como se describe más adelante en la presente Memoria.

5 La fig. 3 es una perspectiva esquemática de una cueva en bóveda, e ilustra el acceso inclinado, las tuberías y los aparatos de control del presente invento. En términos generales, la cueva y su equipo asociado incluye:

10 (a) unas tuberías de purga 24, para hacer inerte la atmósfera de la cueva antes de introducir el gas de almacenaje;

(b) unas tuberías 26 y toberas 28 de atomización, para el enfriamiento inicial del forro o revestimiento y del aislamiento;

15 (c) unas tuberías 30 de llenado de líquido;

(d) unas tuberías de retorno 32 de vapores desprendidos;

20 (e) una bomba de líquido 56, con sus mandos y líneas de alimentación;

(f) unos dispositivos 36 detectores de temperatura, y sus conexiones necesarias;

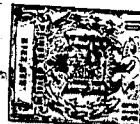
(g) una tubería 38 de retirada de líquido;

25 (h) una tubería 40 de descarga o alivio de sobrepresiones, y sus conexiones necesarias;

(i) diversos indicadores 42 de nivel de líquido, y sus conexiones; y

(j) unos dispositivos indicadores o de vigilancia de presión 44, y sus conexiones y mandos reguladores -

~~336500~~



El modo de utilizar los dispositivos indicados en el sistema de almacenaje representado en la fig. 4 se ilustra del mejor modo describiendo el funcionamiento de la cueva.

5                   La primera fase en la iniciación del trabajo -  
con el sistema de almacenaje así habilitado consiste en  
purgar la cavidad de almacenaje 6 con un gas inerte, si  
se va a almacenar en estado líquido un gas inflamable.  
Ello impide que el gas inflamable forme una mezcla explo-  
10                   siva o inflamable durante el período inicial de llenado,  
que da una alta velocidad de vaporización. En la cavidad  
se introduce un gas inerte, a través de las tuberías de  
purga 24 y procedente del manantial de suministro de gas  
25, a un múltiple 27 que distribuye el gas de purga a las  
15                   tuberías 26 de los atomizadores de enfriamiento inicial -  
y a la tubería 30 de llenado de líquido. El gas de purga  
de retorno es retirado de la cavidad por medio de la tube-  
ría 38 de retirada de líquido y de la tubería 32 de retor-  
no de vapores.

20                   La composición del gas en estas tuberías se vi-  
gila hasta que la cueva queda apropiadamente limpia o pur-  
gada, y en ese momento se inyecta en la cavidad el gas lí-  
cuado a almacenar. La inyección inicial de líquido a la ca-  
vidad se hace a través de las tuberías 26 de la atomiza-  
25                   ción de enfriamiento. Las toberas 28 están dispuestas de -  
manera que las superficies interiores del aislamiento se  
enfrian uniformemente y a la velocidad deseada para redu-  
cir al mínimo las tensiones térmicas. La velocidad de en-  
friamiento constituye un factor importantísimo para ini-  
ciar con éxito el funcionamiento de la cueva. En lugares



estratégicos dentro del aislamiento se colocan los dispositivos detectores de temperatura 36, para dar una medida de la uniformidad de enfriamiento y de la distribución de temperaturas dentro del aislamiento. La distribución de temperaturas se utilizará también para controlar la velocidad de enfriamiento de tal modo que se reduzcan al mínimo las tensiones térmicas en el aislamiento. El gas vaporizado durante este período del trabajo se retirará de la cavidad por las tuberías de retorno 32 de vapores. Se abre la válvula de encendido 48, y se enciende la parte inicial de esta mezcla de gas de almacenaje y gas inerte. Esto se hace como medida de seguridad, para evitar que el gas de purga se mezcle con la corriente que pasa por la unidad de funcionamiento cíclico 50 de la licuación. En cuanto el análisis de la composición de este gas indique que lo que se está encendiendo es vapor casi puro del gas licuado que se está inyectando, se cierra la válvula de encendido 48 y se abre la válvula 52. La corriente de gas puede entonces utilizarse como gas combustible para la venta, retirándolo a través de la válvula 49, o bien volverse a comprimir para la relicuación. Obtenida la temperatura de aislamiento deseada, se empieza a inyectar líquido en la cavidad, por medio de la tubería 30 de llenado. La inyección de gas licuado, a través de las tuberías de atomización, se mantiene, según conveniencias, durante el llenado inicial de la cueva. En los lugares deseados para vigilar el nivel de líquido se instalan unos indicadores de nivel de líquido 42, del tipo de flotador magnético o de otro tipo adecuado cualquiera. A medida que progresa el llenado de la cavidad, se va vigilan

30  
20.3.67

336766 - 17 - ~~336596~~



do la presión de la fase gaseosa de encima, en unos puntos seleccionados y mediante unos dispositivos de vigilancia 44 adecuados, conectados al panel de control 46. La presión de la fase gaseosa de encima puede modificarse o mantenerse a un valor conveniente, por medio de las tuberías de descarga 40 de sobrepresiones y de unos dispositivos de control, pero en ningún caso se deja que sobrepase sensiblemente de la presión atmosférica o casi atmosférica.

Durante los períodos en que se considere conveniente licuar el gas procedente de una fuente de suministro exterior, puede volverse a comprimir el gas desprendido por evaporación, para licuarlo de nuevo, o bien se puede utilizar para la venta, o como gas combustible.

El líquido almacenado en la cavidad puede retirarse según convenga. La retirada o extracción se hace por medio de la tubería de retirada 38 de líquido, desde un depósito inferior o sumidero 54 situado en un punto cualquiera conveniente dentro de la cavidad y hacia el cual se ha dispuesto en pendiente el suelo, para obtener un escurrido completo. El mecanismo que proporciona la energía para efectuar esta extracción o retirada es una bomba 56 situada dentro del sumidero 54. Esta bomba puede accionarse independientemente o en unión de unas bombas situadas en la superficie. La presión de la fase gaseosa de encima puede mantenerse o modificarse durante este período, por medio de las tuberías de alivio o descarga 40 de sobrepresiones, y de sus dispositivos de control asociados. El líquido retirado de la cavidad puede ser a continuación tratado, para su venta, por medio del vaporizador 35.



efectuarse siguiendo las etapas arriba bosquejadas. Estas etapas pueden modificarse según la temperatura del aislamiento y la composición de la fase gaseosa de encima, eliminando la purga y el enfriamiento por atomización.

5                   Con referencia a la fig. 4, el sistema de aislamiento de la presente invención, adecuado para su uso sobre las paredes y techo, de forma irregular, de una cueva practicada en roca, consta en primer lugar de una capa de impermeabilizante 101 contra el agua y la humedad; que  
10 de preferencia es aplicado por atomización sobre la superficie interna de la cueva, una vez limpiada y secada tras la excavación. Pueden utilizarse una o más capas de recubrimiento, y emplearse un material usual cualquiera, comercialmente obtenible y destinado a fines impermeabilizantes:  
15 por ejemplo, los materiales impermeabilizantes a base de silicona o a base de torio. Como muchos de los aislantes orgánicos son gravemente atacados por la humedad, que en general ocasiona el ablandamiento de los materiales y aumenta la conductividad térmica a través de las partes afectadas del material, la cueva ha de estar sensiblemente seca antes de aplicar el material impermeabilizante. Toda entrada o afluencia importante de agua con que se tropiece durante la construcción, se sella o cierra herméticamente mediante el uso de métodos normales, tales como la aplicación neumática de lechada con morteros del tipo de expansión, o no contracción, o con lechadas químicas, antes de  
20 aplicar el impermeabilizante por atomización.

La primera capa de aislamiento es de preferencia un aislamiento 103 aplicado o expandido "in situ" en forma de espuma. Como las técnicas de minería en general tienden



a dejar una superficie de pared de forma irregular, es -  
conveniente el método de expansión "in situ", porque per-  
mite formar el aislamiento aplicado contra superficies -  
irregulares. Para soportar y contener o encerrar la opera-  
5 ción de expandir, es necesario construir una serie de su-  
perficies conectadas en liso, a cierta distancia media pre-  
fijada respecto de las superficies rocosas irregulares,  
mediante el uso de métodos normales de andamiaje semejan-  
tes a los empleados en la colocación de encofrados para -  
10 construir muros de hormigón. Ahora bien, como las presio-  
nes generadas hacia fuera por el aislamiento expandido -  
"in situ" son mucho menores que las engendradas por la -  
acción hidrostática del hormigón vertido, la carga aplica-  
da a estos encofrados es menor, y pueden ser de construc-  
-15 ción mucho más ligera. Asimismo, sólo necesita formarse  
una superficie, ya que la superficie rocosa constituye de  
por sí la parte exterior del encofrado.

De disponerse de un material aislante adecuado  
que pueda expandirse "in situ" para obtener la totalidad  
20 del espesor de aislamiento en una sola aplicación, es ésta  
la manera preferida de construcción.

Ahora bien, si se desea un aislamiento de va-  
rias capas, es posible utilizar paneles de aislamiento or-  
gánico de tipo espumoso o expandido. Es sumamente económi-  
25 co preparar paneles normales, de tamaño y espesor unifor-  
me, y utilizarlos luego en varias capas. Este tipo de cons-  
trucción es también conveniente por el elevado coeficiente  
de contracción térmica de los aislamientos espumosos de -  
tipo orgánico actualmente conocidos.



varias capas los paneles previamente moldeados se utilizan como forma para contener la expansión del aislamiento expandido "in situ"; esto es, los paneles sirven al doble - objeto de hormas y de segunda capa de aislamiento térmico.

5 Tales paneles se indican en 105, en la fig. 4. De esta manera, las dos primeras capas de aislamiento se instalan - en una sola operación. Si como material vertido "in situ" se utiliza un poliuretano, se forma una fuerte unión entre el aislamiento vertido "in situ" y la roca, y también en-  
10 tre dicho aislamiento vertido "in situ" y los paneles 105.

Los bordes o cantos de los paneles 105 se "empastan " con un compuesto de masilla no endurecible 107 (figs. 4 y 5), que contribuye al cierre hermético o impermeabilización, y a impedir el movimiento de gas y de líquido a través del aislamiento. La misma masilla se utiliza  
15 en los bordes y al dorso de cada nueva capa de paneles, a medida que se van instalando, excepto para la capa más interior del aislamiento..

Se puede instalar cualquier número de capas de paneles, según las necesidades de temperatura y el material espumoso que se utilice. Como se indica en la fig. 4, se emplea una capa adicional de bloques de espuma 106, asegurada al primer panel de bloques por medio de un adhesivo extendido en la parte central del dorso de cada panel colocado ya en posición como se indica en 109 (figs. 4 y 6).  
20

La capa de panel aislante más interna, que es el bloque 106 en la forma de ejecución de la fig. 4, lleva un forro o barrera de gas y líquido 111, como parte integrante del panel. Un material adecuado para esta barrera o forro es una película de Mylar, o una hoja de papel de -  
25

30  
20.3.67

336766 - 21 - ~~336555~~



aluminio u otro metal recubierta de Mylar (de preferencia, un estratificado de Mylar-aluminio-Mylar con soporte de tela de fibras de poco peso, para mayor resistencia al - desgarró). Un material como éste es impermeable al gas o al líquido, incluso a temperaturas criogénicas, disponiéndose de adhesivos y métodos de aplicación adecuados para hacer juntas del tipo de encintado, también esencialmente impermeables. Es preciso tener cuidado, al manipular el material estratificado, para que no formen arrugas en él, ya que esto tiende a la formación de minúsculos agujeros, como puntos de alfiler, que darán lugar a fugas. Es esencial asimismo formar un buen cierre hermético, y que el forro esté sobre un soporte liso y firme. Esta condición se satisface adecuadamente cuando el forro se instala, durante el proceso de manufactura, formando parte integrante del panel.

Los paneles de aislamiento para la capa de aislamiento más interior están provistos, en sus cantos o bordes, de una capa relativamente delgada de espuma 113 de células abiertas (fig. 5), de la comúnmente denominada espuma "flexible". Estos paneles se instalan luego utilizando un adhesivo criogénico adecuado, tal como un adhesivo de uretano, sobre aproximadamente una cuarta parte de la superficie dorsal en el centro de cada panel, como se indica con el número 109 en la fig. 4, y continuamente a lo largo de los cuatro cantos de la espuma flexible, como se indica en 115 (fig. 5). De esta manera, cada panel queda sujeto en posición sólo por su parte central, y los bordes quedan libres para moverse por contracción térmica al irse enfriando la cueva. La espuma flexible desempeña para esta capa -



exterior la misma función que la masilla no endurecible  
 desempeña para las capas centrales: es decir, la de man-  
 tener llenos los bordes entre paneles a medida que los  
 paneles se contraen o dilatan con los cambios de tempe-  
 5 ratura de la cueva. Ahora bien, la estructura de células  
 abiertas, y el hecho de que sólo se llene de adhesivo -  
 una fracción del espacio comprendido entre la capa exte-  
 rior y la central, abre un camino para que el gas que  
 pueda escapar por los minúsculos agujeros que haya en  
 10 el forro o en el cierre en forma de cinta fluya hasta  
 el techo de la cueva. Aquí puede ser retirado el gas por  
 la tubería de escape de gas, o bien puede fluir por una  
 abertura practicada en el forro y entrar directamente -  
 en el espacio de gas que hay encima del líquido en la -  
 15 cueva. Con ambos métodos se previene toda acumulación de  
 presión, entre el forro y el aislamiento, debida a fugas  
 de líquido o de gas, que pudieran tender a producir una  
 avería mayor en el forro.

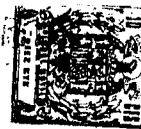
Después de instalada la capa de aislamiento -  
 20 más interna se cierran herméticamente las juntas entre  
 paneles, con una ancha cinta de material semejante al -  
 del forro y por medio de un adhesivo criogénico adecuado.  
 El método de sellado o cierre hermético de estas juntas  
 se ilustra del mejor modo en la fig. 6. La forma de cin-  
 25 ta utilizada a lo largo de los bordes de los paneles se  
 representa en la fig. 7, y tiene una parte arrugada 117  
 prevista para compensar el desplazamiento de los paneles  
 debido a tensiones térmicas. En los ángulos o esquinas -  
 se prevé un parche de ángulo 119 prefabricado (fig. 8),  
 30 provisto de partes arrugadas u onduladas que corren en



direcciones tanto horizontales como verticales, para permitir la dilatación y contracción normales de los paneles en las esquinas.

5 El aislamiento del suelo difiere del utilizado en las paredes y el techo, en varios detalles. El suelo - está acabado con ligero declive desde los bordes al centro de cada cámara de la cueva, para escurrir a un sumidero de líquido. A fin de dar una superficie lisa para la instalación del aislamiento, el suelo se cubre de una delgada capa de hormigón 121 y se impermeabiliza luego con el mismo material impermeabilizante contra el agua utilizado en las paredes de roca. Todo el aislamiento térmico del suelo está en forma de paneles, como se indica en - 107 a y 106a, y todas las capas excepto la de más adentro están unidas con la masilla no endurecible aplicada al - 15 dorso y a los cantos de cada panel, como antes. La capa más interna 106a lleva asimismo el forro impermeable al líquido y al vapor, como parte integrante del revestimiento, e instalado como en la pared. Las juntas se aseguran por medio de la cinta criogénica como más arriba se describe con referencia a las paredes y al techo.

20 En los bordes entre paredes y suelos se utiliza con el forro o revestimiento, y formando parte integrante del mismo, un panel especial de aislamiento premoldeado. Este panel especial premoldeado, indicado con el número - 25 123 en la fig. 4, proporciona una transición suave desde el plano horizontal al vertical. La pieza o panel premoldeado de rincón puede tener la forma que convenga, según la relación existente entre la parte horizontal y la parte vertical entre las que se vaya a intercalar este panel.



El revestimiento del suelo y el de la pared se unen con cierre hermético a las piezas de rincón o de borde 123, con el mismo cierre de cinta utilizado en los paneles de pared y de suelo.

5 El uso de paneles de aislamiento de tamaño normal hechos a máquina permite obtener una evidente economía. Pueden prepararse comercialmente paneles adecuados tales que en cada superficie lleven un estratificado de papel Kraft y Mylar como parte integrante del proceso de manufac-  
10 tura. Estos paneles cubiertos son susceptibles a sufrir daños en el transporte y la instalación, y han de ser protegidos contra la humedad desde su manufactura a su instalación. Los revestimientos proporcionan una protección adicional contra daños debidos a posible infiltración de -  
15 agua a través de los impermeabilizantes del muro rocoso, durante todo el tiempo de vida útil de la cueva.

De la descripción que antecede del presente invento se desprende claramente que el sistema de aislamiento descrito proporciona un método sencillo y económico para aislar la superficie interior de una cueva practicada  
20 en roca para el almacenaje de líquido a temperaturas criogénicas. Aun cuando se prefiere, para esta invención, utilizar espuma de poliuretano como material de expansión "in situ", y también como material de paneles, ha de resultar evidente para las personas versadas en la materia  
25 que podría utilizarse cualquier otro material aislante que pueda hacerse en forma de paneles, y lo bastante rígido para resistir las presiones hidrostáticas del líquido almacenado. También ha de resultar evidente que el revestimiento impenetrable al vapor y al líquido, previsto para  
30



la superficie interna del aislamiento, podría ser un material aplicado por atomización en lugar de un material estratificado, que desempeñe la misma función de cerrar el paso del líquido y del vapor desde la cueva al aislamiento.

5

Hablando en términos generales, la barrera de vapores de la presente invención consta de una parte de hormigón moldeado, anclada en las paredes, suelo y techo del acceso inclinado, y cogida a la superficie rocosa - por una pluralidad de pernos o elementos de anclaje que están empotrados en la roca y se extienden por el interior del hormigón, restringiendo todo movimiento relativo entre el bastidor y la roca. Dentro del bastidor de hormigón va montado un bastidor metálico de doble pared que - tiene una pluralidad de aberturas para acomodar las tuberías, conductos y similares, y en su centro un agujero - de acceso lo bastante grande para que por él entren y salgan los obreros. El agujero de acceso está cerrado, durante el funcionamiento normal de la cueva, por medio de un tapón de doble pared que más adelante se describe. El bastidor metálico de doble pared y el tapón están interiormente aislados para reducir al mínimo las pérdidas térmicas entre la cueva y la atmósfera. El bastidor metálico está provisto de medios de dilatación para permitir el movimiento diferencial entre el miembro o bastidor de hormigón y el miembro o bastidor metálico, en respuesta a las tensiones térmicas. El bastidor metálico está hecho de un material cualquiera que no se ponga quebradizo hasta el fallo a temperaturas criogénicas, y preferiblemente de un acero de calidad adecuada. Todas las tuberías y conducciones que

10

15

20

25

30

vayan desde la atmósfera al interior de la cueva atravie-  
san el bastidor metálico de doble pared, por las abertu-  
ras antes citadas, donde se disponen unos medios adecua-  
dos de dilatación y contracción y de cierre hermético a  
5 los gases, en la superficie del bastidor metálico dirigi-  
da hacia la cavidad de almacenaje, para dar acomodo a las  
tensiones térmicas.

Con referencia a la fig. 9, se ilustra designado  
en general con el número 201 y visto en sección recta,  
10 un túnel de acceso en bóveda que tiene una superficie -  
rocosa. Como mejor se ve en la fig. 10, las paredes del  
túnel están ancladas en 203 habilitando un surco circun-  
ferencial a lo largo de un plano sensiblemente vertical.  
Hay unos pernos o elementos de anclaje en roca 205, ya co-  
15 nocidos en la técnica de la minería, metidos en las pare-  
des, en la base de la parte anclada 203, y en diversos -  
puntos, como mejor se ve en la fig. 10. Los elementos de  
anclaje en roca sobresalen perpendicularmente de la pared  
rocosa y quedan empotrados en el bastidor de hormigón 207  
20 que llena el área de anclaje, extendiéndose hacia dentro  
en el túnel en forma de bastidor, con una abertura grande  
y cuadrada en general 209.

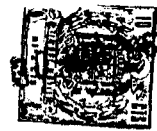
Dentro de la abertura 209 hay dispuesto un bas-  
tidor metálico 211 de doble pared, provisto de medios de  
25 dilatación 213 que no son sino unas ondulaciones o arru-  
gas salientes en la pared metálica. Tales medios de dila-  
tación permiten la dilatación y contracción de la pared -  
metálica, en sentido lateral y vertical, en respuesta a  
las tensiones térmicas. La pared metálica 211 está orien-  
tada, en el túnel de acceso, de manera que el lado que -



tiene los medios de dilatación 213 (lado inferior en la fig. 10) mira hacia dentro en dirección a la cueva, y el otro lado 211 mira hacia fuera, en dirección a la atmósfera. Así, el lado de dentro es el que está sometido a las máximas tensiones térmicas. La pared metálica 211 está -  
5 fijada al bastidor de hormigón 207 por medio de unas placas 215 que se superponen al hormigón y a la pared 211, yendo soldadas al bastidor metálico 211 y empernadas a través del bastidor de hormigón, como se indica en 217.

10 La parte central de la pared metálica 211 está provista de un agujero de acceso 219, normalmente cerrado por medio de un tapón de doble pared 221, fijado al bastidor 211 por medio de tornillos, como se indica en 230. Tanto el bastidor metálico 211 como el tapón 21 están -  
15 interiormente aislados con un material aislante criogénico cualquiera adecuado, tal como fibras de vidrio o espuma de poliuretano. A través de la pared metálica 211 hay practicadas unas aberturas 222 destinadas a acomodar tuberías y conductos que se extienden desde fuera a dentro -  
20 de la cueva. Se prevén unas juntas adecuadas de dilatación y unos medios convenientes de cierre herméptico al gas, para asegurar la integridad de la barrera hermética a los gases.

Los bordes de contacto del bastidor de hormigón  
25 207 con la pared metálica 211 se cierran herméticamente - por medio de cinta adhesiva 227 fijada al aislamiento que constituye la superficie interna de la cueva rocosa, y a la pared del bastidor de cierre metálico 211 que da a la cueva. Además, los bordes de contacto entre el tapón 221  
30 y la pared metálica 211 están cerrados por medio de cinta



adhesiva apropiada, por la pared del bastidor de cierre -  
211 que da a la atmósfera. Este cierre hermético exterior  
es necesario, ya que no es posible cerrar herméticamente  
las juntas del tapón 221 con el bastidor 211 por el inte-  
5 rior, por cuanto el tapón 221 se introduce en la abertura  
219 desde el lado de la barrera de vapores correspondien-  
te al portal de acceso.

Como se indica en las figs. 9 y 10, la barrera  
de vapores de esta invención constituye un medio sencillo,  
10 económico y eficaz contra la pérdida de materiales en for-  
ma líquida o de vapor desde el interior de la cueva roco-  
sa a la atmósfera. Asimismo, la barrera aísla la cueva -  
respecto de la atmósfera. La barrera está herméticamente  
cerrada en todas sus juntas por medio de cinta criogénica  
15 e impenetrable a los vapores, y está provista de medios  
de dilatación adecuados para que no haya posibilidad de  
ruptura de las juntas durante las tensiones térmicas que  
se producen al llenar o vaciar la cueva. La parte interna  
del bastidor de paredes metálicas 211 está sometida a la  
20 máxima tensión térmica, y, por consiguiente, esta hecha -  
de materiales especiales que no se pongan quebradizos has-  
ta fallar a temperaturas criogénicas. La parte exterior -  
del bastidor metálico 211 puede hacerse de acero ordina-  
rio al carbono, ya que esta parte no está sometida a fuer-  
25 tes cambios de temperatura.

La presente solicitud, que corresponde a la pre-  
sentada en Estados Unidos de América, con fecha 14 de fe-  
brero de 1.966, bajo los números 526.983, 527.158 y -  
525.288, se acoge a los beneficios del artículo 51 del  
vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

30  
20.3.67

336766 29 -

~~336596~~

N O T A



Los puntos de invención, propia y nueva, que se presenta para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

5

10

15

20

25

1.- Método para almacenar gases licuados bajo tierra, a presión sustancialmente atmosférica, que comprende las etapas de: (1) excavar una cueva cerrada en roca bajo tierra, con un túnel de acceso inclinado de gran área de sección transversal; (2) impermeabilizar la superficie interior de roca de dicha cueva con una sustancia impenetrable al agua, para reducir al mínimo la infiltración de agua en estado líquido o de vapor en dicha cueva; (3) aislar el interior de dicha cueva con una pluralidad de capas de aislamiento esponjoso o de espuma; (4) a una capa, por lo menos, de dicho aislamiento, fijarle un material de barrera impenetrable al líquido y vapor, para impedir la pérdida del gas licuado almacenado, a través de dichas capas de aislamiento; (5) disponer un medio de cierre hermético impenetrable al líquido y vapor, cubriendo el área grande de sección transversal de dicho túnel de acceso inclinado; y (6) mantener dicha cueva esencialmente a la presión atmosférica y a la temperatura del punto de ebullición normal del gas licuado almacenado a dicha presión.

2.- Método según la reivindicación 1 en el que la impermeabilización de dicha superficie rocosa del interior se efectúa rociando sobre dicha superficie un mate-



rial impermeabilizante.

3.- Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho aislamiento de espuma contiguo a la superficie rocosa de dicha cueva consiste en polímeros y copolímeros expandidos "in situ" hasta formar espumas rígidas soportadas por su superficie exterior por una pluralidad de paneles de polímeros y copolímeros expandidos rígidos.

4.- Método según la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que la capa de dicho aislamiento de espuma contiguo a la superficie rocosa de dicha cueva es una espuma de poliuretano expandida "in situ", sostenida en su superficie exterior por una pluralidad de paneles de poliuretano rígido.

5.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 inclusive, en el que dicha cueva es purgada y enfriada esencialmente a la temperatura del gas licuado a almacenar, antes de almacenar en ella dicho gas licuado.

6.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 inclusive, que comprende las etapas de construir una barrera de vapores para uso en el túnel inclinado de acceso a la cueva subterránea para almacenar gases licuados, a presión esencialmente atmosférica, siendo dicha barrera impenetrable a los líquidos y gases, etapas que consisten en: (1) formar una abertura con bastidor asegurado a la pared de dicho túnel de acceso; (2) montar un segundo bastidor con abertura, en dicha primera abertura de bastidor; (3) montar un órgano de tapón en dicha segunda abertura de bastidor, y de manera desmontable; y (4) cerrar herméticamente las juntas de dichas uniones



de primero y segundo bastidor y de dichos medios de tapón.

5 7.- Una cámara subterránea para almacenar gases licuados, a presión esencialmente atmosférica, que comprende: un túnel de acceso inclinado de gran área en sección transversal, que tiene su extremo superior al nivel del suelo; una cueva cerrada en roca, al extremo inferior de dicho túnel de acceso; en dicho túnel de acceso, medios para cerrar herméticamente dicha cueva impidiendo el paso de líquido o de vapor al interior o al exterior de dicha cueva; en la superficie de dicha cueva rocosa, medios impermeabilizantes impenetrables al agua líquida o en vapor, para reducir al mínimo la infiltración de agua en estado líquido o de vapor en dicha cueva; medios aislantes que cubren la superficie interior de dicha cueva; 10 medios de barrera impenetrables al líquido y vapor, fijados a dichos medios aislantes, para prevenir el paso de líquido o de vapor al exterior de dicha cueva a través de dichos medios aislantes; y medios para transportar - 15 gas licuado al interior y al exterior de dicha cueva, para su almacenaje en ella esencialmente a la presión atmosférica y a la temperatura normal de ebullición de los gases licuados almacenados, a dicha presión. 20

25 8.- Una cámara subterránea según la reivindicación 7, en la que dicho aislamiento comprende una pluralidad de capas de material de espuma celular.

9.- Una cámara subterránea según la reivindicación 7 u 8, en la que dicha espuma es de poliuretano rígido, y en la que la capa de espuma contigua a la superficie rocosa es poliuretano rígido expandido, o hecho espuma - "in situ".



10.- Una cámara subterránea según la reivindicación 7, 8 ó 9, que comprende medios para purgar y enfriar dicha cueva antes de almacenar en ella el gas licuado.

5 11.- Una cámara subterránea según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 inclusive, que comprende medios para vigilar la temperatura y la presión del interior de dicha cueva.

10 12.- Una cámara subterránea según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11 inclusive, que comprende una barrera de vapores para uso en el túnel inclinado de acceso a dicha presión de cámara, barrera que es impenetrable a los líquidos y gases y que comprende: un primer bastidor dotado de una abertura y rígidamente fijado a la pared de dicho túnel de acceso; un segundo bastidor dotado de una abertura y montado en la abertura de dicho primer bastidor, y fijado a éste; un órgano de tapón montado en la abertura de dicho segundo bastidor y fijado de manera desmontable a dicho segundo bastidor; y medios para cerrar herméticamente las juntas de dichos bastidores primero y segundo y de dicho segundo bastidor con el citado órgano de tapón, para prevenir el paso de líquido o vapores a través de ellas.

15 20 25 13.- Una cámara subterránea según la reivindicación 12, en la que dicho primer bastidor es de hormigón y está fijado a dicha pared por medio de elementos de anclaje en roca, empotrados tanto en la pared como en el hormigón.

30 14.- Una cámara subterránea según las reivindicaciones 12 ó 13, en la que dicho primer bastidor está además fijado a dicha pared por medio de un surco con an



claje en dicha pared, en el cual está aplicado dicho bastidor de hormigón.

5 15.- Una cámara subterránea según la reivindicación 12, 13 ó 14, en la que dicho segundo bastidor es un panel metálico de doble pared provisto de aislamiento entre sus paredes, y dotado de medios de dilatación en una de sus paredes.

10 16.- Una cámara subterránea según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15 inclusive, en la que dicho órgano de tapón es un panel metálico de doble pared provisto de aislamiento entre sus paredes.

15 17.- Una cámara subterránea según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16 inclusive, en la que dichos medios de cierre hermético son de cinta adhesiva capaz de resistir temperaturas criogénicas sin agrietarse ni deteriorarse.

20 18.- Una cámara subterránea según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17 inclusive, en la que uno de dichos paneles de doble pared es de un metal capaz de resistir temperaturas criogénicas sin romperse por hacerse quebradizo.

25 19.- Una cámara subterránea según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 18 inclusive, en la que dicho aislamiento es poliuretano.

20.- Una cámara subterránea según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 19 inclusive, en la que dicho segundo bastidor tiene una pluralidad de aberturas para acomodar los medios de tubería y de conducto que pasan a través de dicha barrera.

~~336596~~



las reivindicaciones 7 a 20 inclusive, que incluye un -  
sistema de aislamiento, el cual comprende: unos primeros  
medios impermeabilizantes, impenetrables a líquidos y va  
pores, contiguos a la superficie de dicha roca; unos me-  
5 dios de aislamiento térmico, contiguos a dichos primeros  
medios impermeabilizantes; y unos segundos medios imper-  
meabilizantes, impenetrables a líquidos y vapores, conti-  
guos y fijados a la superficie expuesta de dicho aisla-  
miento térmico, para impedir el paso de líquido y vapor  
10 hacia fuera o hacia dentro de dicha cueva.

22.- Una cámara subterránea según la reivindi-  
cación 21, que comprende: unos primeros medios impermea-  
bilizantes, impenetrables a líquidos y vapores, conti-  
guos a la superficie de dicha roca; una capa de aislamien-  
15 to espumoso, expandido "in situ", contigua a dichos pri-  
meros medios impermeabilizantes; una capa de paneles ais-  
lantes térmicos asegurada a dicho aislamiento expandido  
"in situ"; y unos segundos medios impermeabilizantes,  
impenetrables a líquidos y vapores, contiguos y fijados  
20 a la superficie más interna de dichos paneles aislantes,  
para impedir el paso de líquido o vapor hacia fuera o ha-  
cia dentro de dicha cueva.

23.- Una cámara subterránea según la reivindi-  
cación 20 ó 21, en la que los bordes o cantos de dichos  
25 paneles aislantes están cubiertos de una espuma flexible  
para permitir la contracción y la dilatación de dichos -  
paneles bajo tensiones térmicas, sin que se rompan ni -  
agrieten.

24.- Una cámara subterránea según la reivindi-  
cación 20, 21 ó 22, en la que dichos paneles están unidos



entre sí mediante adhesivo y cinta, adecuados para uso a temperaturas criogénicas.

5 25.- Una cámara subterránea según cualquiera - de las reivindicaciones 21 a 24 inclusive, en la que dicha cinta está provista de medios para dilatarse y contraer se bajo tensiones térmicas.

26.- Una cámara subterránea según cualquiera de las reivindicaciones 21 a 25 inclusive, en la que dichos paneles son de espuma de poliuretano rígido.

10 27.- Una cámara subterránea según cualquiera - de las reivindicaciones 21 a 26 inclusive, en la que dichos segundos medios impermeabilizantes, impenetrables a líquidos y vapores, son una película de Mylar.

15 28.- Una cámara subterránea según cualquiera - de las reivindicaciones 21 a 27 inclusive, en la que dichos segundos medios impermeabilizantes, impenetrables - a líquidos y vapores, constan de un conjunto estratificado de Mylar y folio o papel metálico, con un soporte de tela de fibras de poco peso.

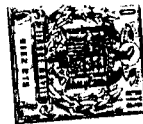
20 29.- Una cámara subterránea según cualquiera - de las reivindicaciones 21 a 28 inclusive, en la que el suelo de dicha cueva está cubierto de una capa de hormigón.

25 30.- Una cámara subterránea según cualquiera - de las reivindicaciones 21 a 29 inclusive, en la que dichos primeros medios impermeabilizantes están contiguos a dicho hormigón.

~~336500~~

31.- Método para almacenar gases licuados bajo tierra a presión sustancialmente atmosférica.

30 Tal y como se ha descrito en la Memoria que an-



tecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y siete hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

5

Madrid,

P. A.

30 MAR 1967

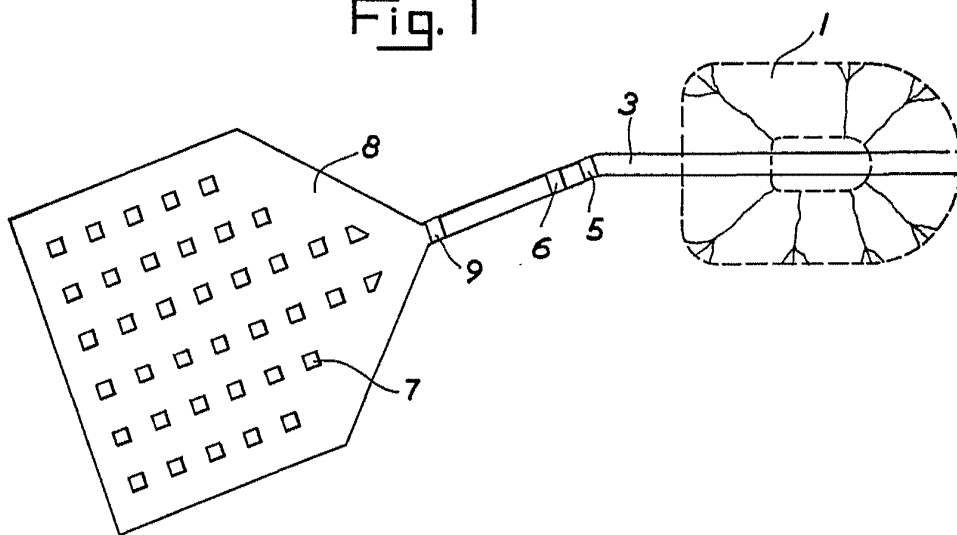
Alberto de Elzaburu  
Por Fidei

336766

~~336596~~

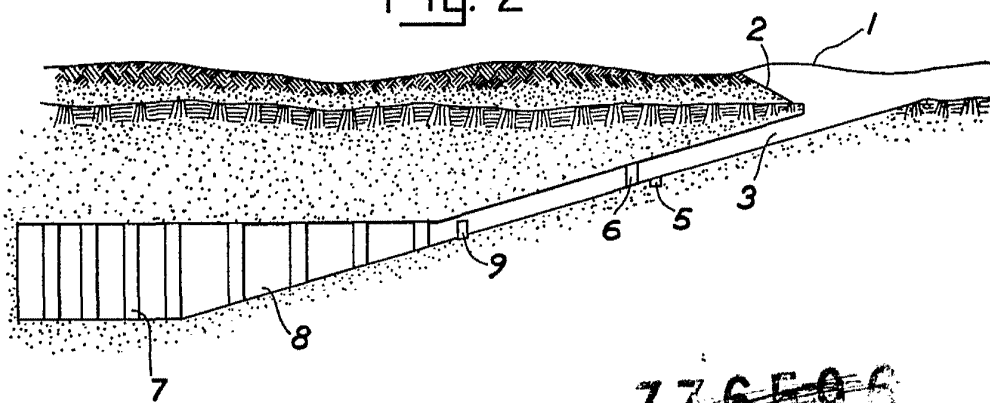


Fig. 1



336788

Fig. 2



~~336596~~

*Archer*





Fig. 4

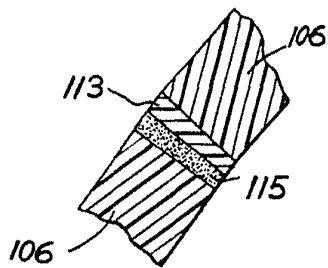
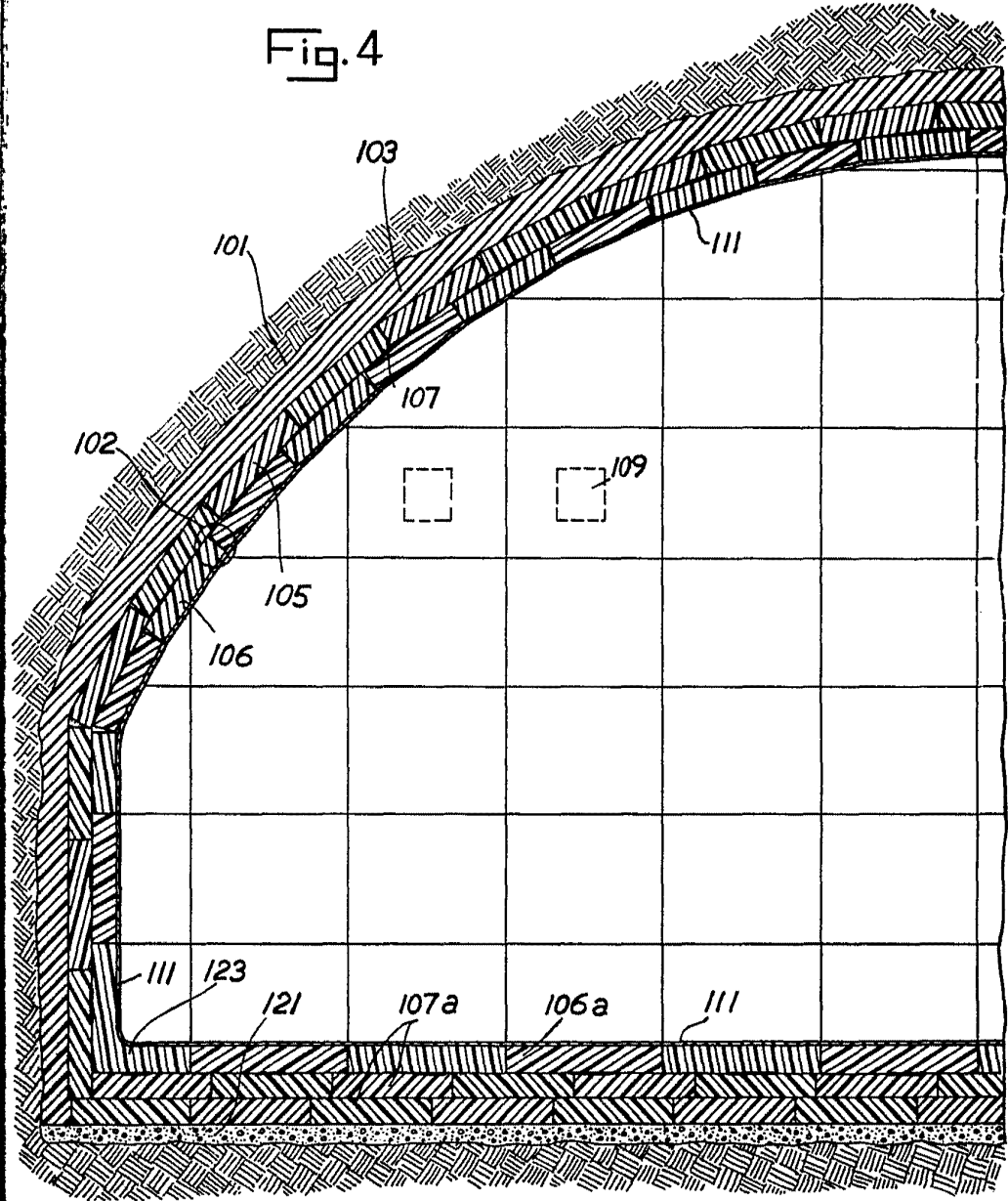


Fig. 5

~~330506~~

336700

*Ar*

336703

336703

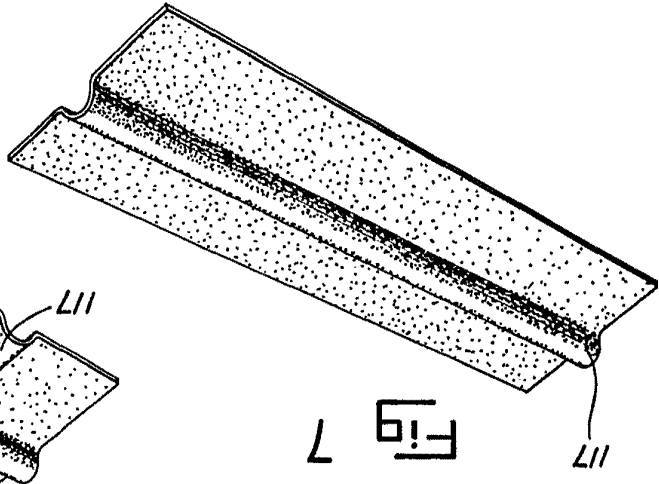


Fig. 7

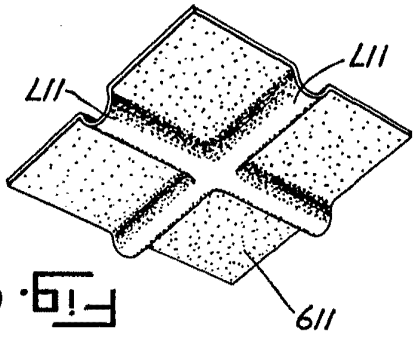


Fig. 8

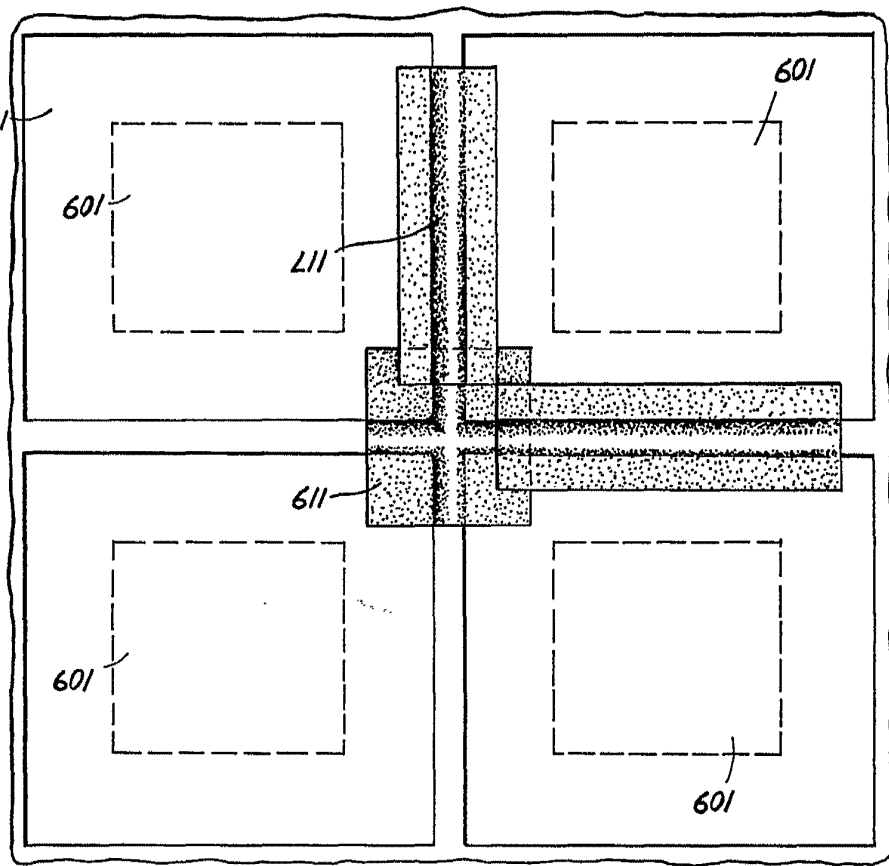


Fig. 6

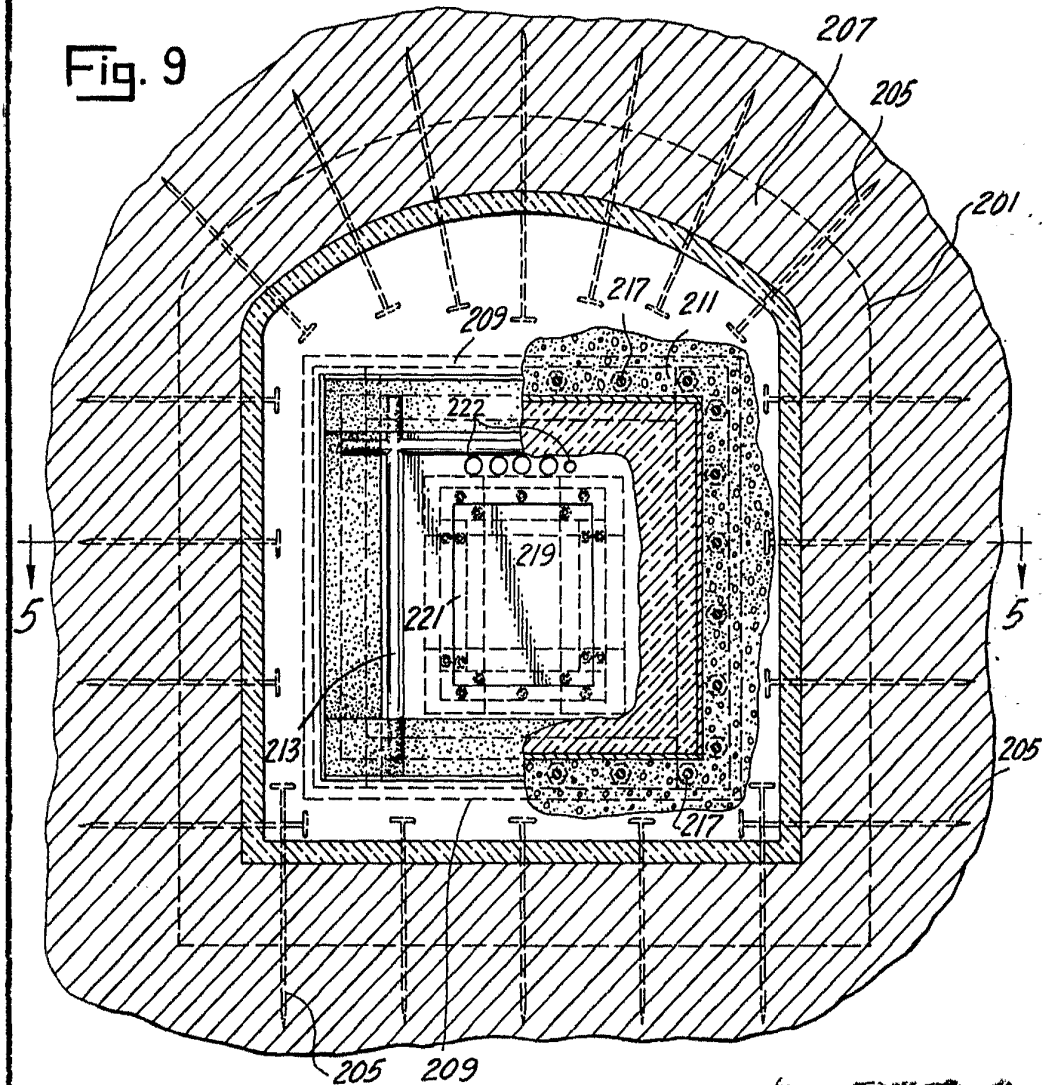


A/AT

INSTITUTE OF GAS TECHNOLOGY

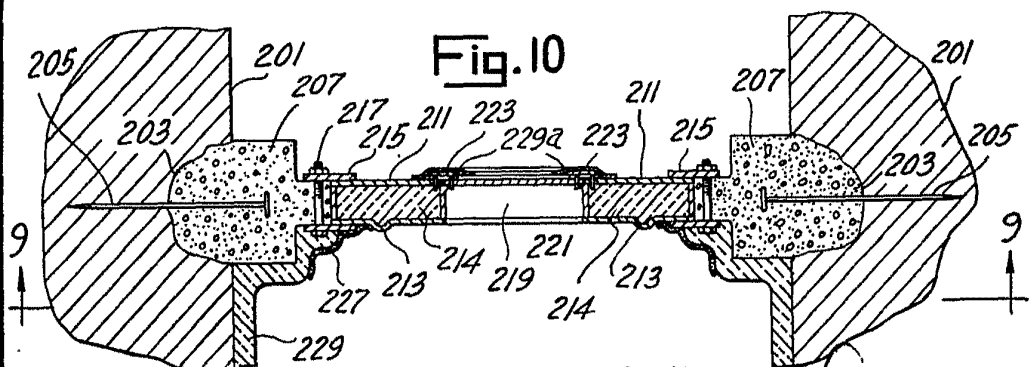


Fig. 9



~~336766~~

Fig. 10



336766

*Handwritten signature or initials.*