

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

10 ES	11 NUMERO	10 A 1
	21 474.497	
	22 FECHA DE PRESENTACION	
	24-10-78	

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA.	33 PAIS
31 NUMERO		
013108/77	24 de Octubre de 1.977	Suiza,
7801413-1	7 de Febrero de 1.978	Suecia

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL B65G; B65D	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

64 TITULO DE LA INVENCION
PROCEDIMIENTO E INSTALACION PARA EL ALMACENAMIENTO SUBTERRANEO SEGURO DE PRODUCTOS CRIOGENOS EN UN AREA DE ALMACENAMIENTO.

71 SOLICITANTE (S)
ALF H. GRENNARD.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

72 INVENTOR (ES)
ALF H. GRENNARD.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO y POMBO

La presente invención se refiere a un procedimiento e instalación para el almacenamiento subterráneo seguro de productos criógenos en su área de almacenamiento.

5 Ya se conoce por la solicitud Española nº 446.997, un almacenamiento subterráneo para productos fríos y calientes y métodos para su construcción.

10 El resquebrajamiento excesivo del material de construcción subterráneo la migración de agua, y el desarrollo de fugas son los problemas más importantes que aparecen en el almacenamiento subterráneo de productos criógenos. Las temperaturas extraordinariamente bajas empleadas, influyen en particular en la distribución original del agua en la zona y sus ambientes. Esto dá lugar a una emigración de agua comprensible - que, a su vez, dá lugar a otros graves problemas tales como: dificultades en las operaciones, destrucción ó perjuicio de aislamiento de caverna empleado, penetración de barreras de líquido en el aislamiento de la caverna, levantamiento del terreno y otros. En razón de la baja conductividad térmica de los materiales utilizados, puede ser que se necesiten años antes de que 15 las temperaturas alrededor de la caverna alcancen sus valores finales, por lo que los cambios se producen lenta y gradualmente, no siendo perceptible algunos de estos cambios hasta haber transcurrido varios meses de utilización.

25 La tecnología anterior no considera todos estos problemas en toda su extensión. Como resultado, ni una sola instalación de almacenamiento subterráneo de productos criógenos en roca funciona, por lo tanto, satisfactoriamente hoy día.

30 Aunque se pueden construir medios de almacenamiento subterráneo de hormigón y situarse bajo tierra en arena, limo, etc, solamente se expondrá en esta memoria el almacenamiento en

roca. No obstante, el principio básico sigue siendo el mismo en todos los casos. Las solicitudes de patentes siguientes se citan para efectos de prioridad:

5 1) Solicitud de patente nº 013108/77, presentada en Suiza el 24 de Octubre de 1.977.

2) Solicitud de patente nº 7801413-1, presentada en Suecia el 7 de Febrero de 1.978.

10 La invención se refiere a un procedimiento perfeccionado para el almacenamiento subterráneo seguro de productos criógenos y también se refiere a la propia instalación para almacenamiento subterráneo seguro. De un modo más particular la presente invención emplea en principio de difusión en vista a evitar la migración de vapor de agua en la roca; introduce una zona exterior congelada, que envuelve el almacenamiento criógeno y su barrera de temperatura circundante, para reducir el régimen de difusión del propio vapor de agua en la roca y para mantener el grado inicial y natural de impermeabilidad de la roca y, finalmente para resolver el problema de desagüe subterráneo en forma más económica evitando que penetre agua líquida en la zona de almacenamiento. El procedimiento proporciona también una mayor seguridad. La invención resuelve, por lo tanto, simultáneamente, varios problemas que son de gran interés en el almacenamiento subterráneo de productos criógenos. Estos y otros problemas de almacenamiento de productos criógenos se refieren a la misma naturaleza del material de construcción, a cambios engendrados del procedimiento de construcción y, sobre todo, a los cambios generados después que se desarrollan por la introducción de las temperaturas criógenas extraordinariamente bajas al comienzo del almacenamiento.

30 En nuestras solicitudes pendientes 446.997, se descri

5 be la forma de evitar el resquebrajamiento de la pared de roca
de la caverna por contracción por la temperatura, resolviendo
de este modo unas dificultades que surgen de la introducción
de las diferencias de temperatura mencionadas. Se realiza ca-
lentando la pared de roca en una instalación subterránea para
evitar que las temperaturas queden fuera de la gama aproximada
de unos 50°C a más 10°C en instalaciones criógenas sobre todo,
utilizando un medio de cambio de calor para suministrar las
cantidades de calor requerida necesarias y relativamente peque-
ña. En particular se emplea un gas que se bombea alrededor de
un sistema de circulación en forma de un sistema de canal cuyo
sistema se sitúa en la roca y alrededor de la caverna de alma-
cenamiento, cerca de su superficie. La temperatura de los ga-
ses criógenos condensados está muy por debajo de 0°C. Este sis-
tema de circulación, según se emplea en las solicitudes de pa-
tente nº 446.997, se denominará en adelante en la presente in-
vención como sistema de circulación interior. Abasteciendo ca-
lor a este sistema, que comprende cantidades de calor compara-
tivamente pequeñas, se crea una barrera de temperatura alrededor
de la caverna. Este sistema se ideó para resolver otros proble-
mas como la captación y eliminación de vapores de agua entrantes,
y para detectar y eliminar productos fugados, y hacer es-
tanca las figuras ó resquebrajamientos en la pared de roca. Es-
tas soluciones están avaladas también en la presente invención,
que constituye otro perfeccionamiento de la tecnología anterior.
Para mayor claridad, expondremos de nuevo en la presente Memo-
ria algunos de los problemas tratados anteriormente.

30 Los cimientos de roca no son estancos desde el prin-
cipio. Todos los materiales rocosos son porosos, contienen fi-
suras, grietas, intersticios y grietas intersecantes. Algunos

de estos intersticios ó grietas se llenan con agua, y la eliminación de dicha agua de estanquidad, bién sea por desagüe, evaporación ó sublimación, siempre dá por resultado una reducción en la estanquidad de la roca y un aumento de su permeabilidad.

5 Una vez que se ha eliminado de la roca el agua de estanquidad es imposible introducirla de nuevo. Una de las finalidades de esta invención consiste, por lo tanto, en intentar retener este líquido de estanquidad en su lugar original ó, si tiene lugar un proceso de remoción, organizar una compensación correspondiente para reemplazar la substancia perdida.

10 Según una forma de enfocar el problema por parte de esta invención, sólomente el agua líquida dentro de una zona -- congelada circular exterior, según se describirá más adelante, se desagúa al interior del área de la caverna de almacenamiento durante la construcción si no llevan a cabo operaciones adicionales de estanquidad. Se observará que también en este diseño 15 una zona de congelación, como la que se describirá más adelante, debe estar separada, en conformidad con lo que se ha mencionado en nuestras sugerencias anteriores en el campo del almacenamiento de productos criógenos, de la caverna real por un dispositivo ó procedimiento que evite que el vapor de agua del hielo sublimado --reduciéndose, no obstante, la cantidad de estos vapores de agua según la presente invención realmente por el -- 20 descenso de la temperatura donde se sitúa la zona exterior congelada-- se describe sobre la pared de la caverna, cuyo proceso, según se sabe, resultaría fatal. Por otras razones, la zona de congelación se tendría que situar a una cierta distancia de la caverna. Según se indicará más adelante, la capacidad de enfriamiento requerido para la congelación de esta zona exterior, se 25 debe adquirir en parte de las cabrias "frías" pérdidas del es-

pacio de almacenamiento a la pared de la caverna, una pérdida que no se puede evitar. Más adelante expondremos con más detalle los principios fundamentales de dicho diseño.

5 La figura 1 ilustra lo que ocurre cuando no se han adoptado medidas de estanquidad para evitar que el agua ocluida en la roca se desagüe al interior de una caverna durante la construcción de una caverna subterránea. Cuando se efectúa la excavación, el agua ocluida 4 procedente de la roca situada por encima se desaguará al interior del espacio 10, y el agua procedente de la tabla de agua 2 por debajo de la superficie del terreno 1 continuará vertiéndose en el lugar de construcción, delando una depresión 5 de la tabla de agua.

15 Las grandes fisuras ó resquebrajamientos en la roca se pueden hacer estancas del modo mejor por inyección de cemento. Otras fisuras se pueden tapar herméticamente de un modo conveniente y en principio por inyección a baja presión v.g., con resina epoxi a aproximadamente 3 kp por cm^2 , seguido por una inyección ulterior a aproximadamente 100 kp por cm^2 . No obstante, las presiones elevadas de inyección pueden causar daños considerables, por cuya razón se deberá mejorar primero la calidad de la roca consolidando los resquebrajamientos a bajas presiones.

25 En el supuesto que la inyección con resinas epoxi no sea suficiente, la congelación de una zona anular envolvente B, configuradas como un cilindro horizontal y generada por v.g., tubos de congelación 6, como ilustra la figura 2, detendrá cualquier desagüe remanente en la caverna 10 al mismo tiempo que proporciona según se explicará más adelante, la ventaja importante adicional de reducir la presión del vapor de agua en B, reduciendo la pendiente de la caída de presión de vapor de agua

30

entre la zona B y el almacenamiento 10 y disminuyendo, al mismo tiempo, el gradiente de temperatura correspondiente. El agua en 3 no puede penetrar ya desde la zona A a través de la zona B al interior de la zona C. El agua ocluida en 7 se puede fugar al interior del espacio excavado 10, si no ha sido suficiente una inyección previa de resinas epoxi ó cemento en las fisuras existentes. La temperatura en B está por debajo de 0°C, pero no tan por debajo de 0°C que no puedan crearse fisuras en las rocas ó tensiones innecesarias. Como regla general, la temperatura natural del ambiente subterráneo es en su mayor parte, al menos en la Europa Septentrional, del orden de aproximadamente 8°C a 10°C. Será evidente para cualquiera que, si el agua existente de un modo natural puede quedar retenida en las fisuras, resquebrajamientos, poros, e intersticios alrededor de la caverna, hará que las zonas circundantes al almacenamiento sea más estancas, menos impermeables, en particular a los gases, y harán menos probable que cualquier gas fugado del producto almacenado pueda alcanzar la atmósfera exterior.

El agua no solamente puede emigar en la roca en forma líquida sinó también en forma de vapor de agua. El vapor de agua emigra, de acuerdo con las leyes físicas, a la zona que tiene la menor presión de vapor de agua, v.g., al punto más frío a menos que se controle la presión de vapor de agua por otros medios.

De un modo específico, según leyes físicas conocidas el vapor de agua se "destilará" desde una zona más templada ó media hasta una zona más fría, cuyo hecho es conocido por los que han observado la acumulación de agua en la hoja de una ventana en tiempo frío al mismo tiempo que se quita de la habitación un recipiente abierto con agua previamente colocado en la

misma. Otro modo de expresarlo es indicar que el vapor de agua se traslada desde zonas con presiones de vapor de agua más elevadas hasta zonas donde las presiones del vapor de agua son menores. Este procedimiento se ejecuta en la industria de elaboración de productos alimenticios, en la práctica y se conoce como "procedimiento de deshidratación por congelación", pero en principio no es sino una destilación. Si el agua se congela formando hielo, el mismo "proceso de destilación" de hielo a hielo se conoce como sublimación. El hielo, por lo tanto, puede emigrar por sublimación (evaporación) como vapor de agua desde una cierta zona y depositarse como hielo en un área diferente donde la temperatura del hielo es aún menor. Esto es exactamente lo que ocurre en todas las instalaciones criógenas subterráneas hasta ahora, produciendo un considerable deterioro. La humedad ha rezumado a través de la roca hacia la caverna de almacenamiento y no solamente se ha puesto en contacto con la temperatura baja del aislamiento de la cámara de almacenamiento y perjudicado sus valiosas propiedades aislantes, sino que el vapor de agua encuentra camino a través del aislamiento hasta una barrera líquida interna, por lo que la menor temperatura de la caverna congela el agua fuera de la barrera. El hielo así formado romperá finalmente la barrera líquida interna, lo cual no se puede tolerar. Los cristales de hielo formados ejercen una presión considerable que, en el pasado, ha producido la disgregación y eliminación del aislamiento aplicado en el interior de la caverna. Por lo expuesto resultará evidente que la transferencia de vapor de agua descrita en la dirección de la caverna se debe evitar en todas las circunstancias. En el diseño presente se ha cumplido con este requisito imperativo.

Durante la explicación expuesta, se ha supuesto que

el vapor de agua se había saturado, v.g, se había desarrollado la presión del vapor de agua máxima posible a cierta temperatura. No obstante, esto no es en modo alguno siempre cierto y puede experimentar cambios durante el almacenamiento. Si no hay presente agua suficiente, la presión de vapor de agua saturado no se puede desarrollar de un modo natural. No obstante, todavía es cierto que el vapor de agua en todos los casos emigrará hacia zonas con menores presiones de vapor de agua. La diferencia de presión de vapor de agua entre dos áreas se puede interpretar como una fuerza motriz y proporcional al régimen con el que se produce la migración. Según se verá más adelante, las presiones del vapor de agua saturado se pueden reducir artificialmente por operaciones de desecación ó de difusión simplemente eliminando el vapor de agua del espacio en cuestión. La tecnología anterior no ha tenido en cuenta las circunstancias mencionadas de que no siempre prevalece las presiones del vapor de agua saturado.

Es innecesario afirmar que trabajando por debajo de 0°C prácticamente se elimina el problema de desague. La zona B actúa por lo tanto vis a vis el almacenamiento 10 forma una sombrilla de hielo protectora contra el agua entrante al mismo tiempo que cumple con su función de estanquidad y reduce el régimen de difusión de vapor de agua en la dirección de la caverna de almacenamiento.

En la figura 3, se han trazado las presiones del vapor de agua sobre hielo y sobre agua. Según se verá, las presiones del vapor de agua se reducen rápidamente con la temperatura y la caída de presión se puede interpretar aproximadamente como proporcional al régimen con el cual se desplaza el vapor de agua entre puntos diferentes, suponiendo condiciones de sa-

turación que, según se ha mencionado anteriormente, no siempre ocurren.

5 Con relación a la figura 4 y con relación a lo que -
se ha afirmado anteriormente, el agua tiende a emigrar como in-
dica la flecha 8 desde la zona A hacia la zona B, porque la -
presión del vapor de agua, sin tener en cuenta la fuerza de la
10 gravedad es menor en la zona B, que está congelada. Suponiendo
que el vapor de agua en A esté saturado, la reducción de tempe-
ratura del vapor de agua de migración en dirección a B implica
que el agua y, después en las proximidades de la zona B ó den-
tro de dicha zona, se precipita como hielo durante la transfe-
rencia. Esto explica la formación de grandes anillos de hielo
alrededor de muchos depósitos criógenos subterráneos, que fre-
cuentemente dan lugar a un devastador levantamiento del terreno
15 y la destrucción de los cimientos de acero y de hormigón de los
depósitos. Si el suministro de agua se limita en los ambientes
exteriores, estas áreas se vuelven permeables a los gases, que
es una experiencia conocida, alrededor de los llamados fosos -
subteerráneos en los cuales las fugas de gas han llegado a cons-
tituir un problema intolerable. Un suministro suficiente de -
20 agua en las zonas circundantes. A es, por lo tanto, obligatorio.
Otros procesos de emigración de agua distintos al descrito pue-
den ocurrir también en la roca pero la emigración de vapor de
agua mencionada es el proceso principal.

25 El hielo en la zona B, por otro lado tiende -en con-
formidad con lo que se ha expuesto- a emigrar por sublimación
-según indica la flecha 9- hacia una zona todavía fría con una
presión de vapor de agua aún menor, ó sea la zona B en la figu-
ra 4, cerca de la caverna ó alrededor de la caverna 10. Este -
30 proceso de emigración mencionado se debe evitar en una instala-

ción práctica para que no afecte a las zonas alrededor de las paredes del almacenamiento criógeno. Cuanto menor sea la temperatura en la zona B, tanto menor será el régimen de difusión del vapor de agua desde B hacia C. La baja temperatura en B hace que la zona B actúe en conformidad con una resistencia óhmica, reduciendo las cantidades de vapor de agua que se mueven en dirección 9 al mismo tiempo que la zona B, según se ha mencionado, actúa como escudo contra el flujo de agua líquida hacia el almacenamiento. La idea de reducir el régimen de migración del vapor de agua en una zona envolvente (B) con vistas a reducir la carga en el equipo absorbiendo ó eliminando el vapor de agua 9 en una zona cerrada (C) no se ha descrito ni se ha aplicado en la tecnología anterior (véase la figura 4). Tampoco se ha propuesto con anterioridad, según se demuestra en la figura 4, el diseñar un dispositivo con el cual el agua líquida 8 de la zona afluyente de agua exterior (A) llene los posibles vacíos en una zona congelada envolvente (B), a medida que el vapor de agua procedente del hielo sublimado (9) en esta zona (B) se elimina por migración hacia la zona cerrada C.

La existencia de una zona fría se comporta de un modo similar a una bomba, trasladándose el agua desde una zona hasta otra y acumulándose alrededor de la zona más fría. Si un gas no se satura de agua, puede absorber agua de las zonas circundantes hasta que se satura. Una corriente de gas seco 26, un viento, podría utilizarse para bombear el agua, que emigra desde un lago a través de una roca porosa 28, cuyo proceso, siendo lento, se ilustra en la figura 5. Si se satura la corriente de aire 26, no puede absorber más humedad, pero si se enfría, puede hacerlo reduciendo la temperatura, y por lo tanto, la presión del vapor de agua correspondiente hace que el agua del agua

27 emigre a través de la roca porosa 28. La eliminación de agua con una corriente de gas extraordinariamente seco ha sido una de las funciones importantes cumplidas por el sistema de circulación inferior en nuestras solicitudes de patentes anteriores. La figura 6 ilustra este punto, representando una curva de presión de vapor de agua indicada 29 a lo largo de la distancia y la abscisa x a partir de la línea central 6 de la caverna de almacenamiento, siendo la perforación 22 una de una pluralidad de perforaciones horizontales en el sistema de circulación interior alrededor de una caverna criógena. La humedad no pasará más allá de aproximadamente la línea 30. En la figura 7 se hace referencia a la introducción de una barrera de temperatura alrededor de una perforación 22 en un sistema de circulación interior, representado el trazado tres puntos de temperatura (T_1, T_2, T_3) en tres distancias diferentes x a partir de la línea central c, siendo α_1, α_2 y α_3 tres ángulos teóricos para ilustrar tres gradientes teóricos de temperatura y su influencia indicada sobre el régimen de transferencia de vapor de agua. El cambio gradientes de temperatura influye no solamente en las presiones del vapor de agua en la zona sino también en el régimen de emigración de vapor de agua. La referencia T_1 indica la temperatura del líquido almacenado (no se ilustra el aislamiento), T_2 la temperatura de la barrera de temperatura y T_3 la temperatura del ambiente exterior. En la práctica, se utilizaría un aislamiento como es lógico.

Si la zona congelada B en la figura 4 se genera por circulación de una corriente de gas a través de las perforaciones 6, se debe controlar la humedad de la corriente. El descenso de la temperatura en la zona B según se ha expuesto anteriormente, puede dar lugar a la precipitación de vapor de agua como

hielo en esta zona cuando el vapor de agua procedente de la zona exterior A emigra hacia la zona B. Si comienza a acumularse el hielo en la zona B ó alrededor de la misma, se debe dar capacidad de desecación suficiente al gas secante en los canales

5 6. Por otro lado, una desecación excesiva y no necesaria del ambiente exterior resulta costosa y, según se ha mencionado anteriormente, puede dar lugar a levantamiento del terreno, cuando se desplazan grandes masas de agua. A través del proceso de congelación en la zona B se liberan grandes fuerzas adicionales, y si el agua removida del ambiente exterior no se reemplaza surge el riesgo de una mayor permeabilidad.

10

Por lo expuesto anteriormente, resultará evidente que dos sistemas de circulación en paralelo, uno interior y uno exterior, permiten un control completo y condiciones óptimas de funcionamiento, en particular puesto que los dos sistemas, entre

15 otras cosas, pueden no solamente intercambiar calor sino que se regulan simultáneamente para actuar en comparación (véase la figura 9). Mientras que el sistema de circulación interior exige un abastecimiento de calor para establecer una barrera de temperatura a un nivel satisfactorio, el sistema exterior exige

20 eliminación de calor para crear la zona de hielo exterior, ó sea la sombrilla ó escudo de hielo protector, para resolver el problema de desagüe y reducir el flujo de vapor de agua hacia la caverna. Este intercambio térmico, cuando no se utiliza en

25 otra parte, supone una evidente ventaja desde un punto de vista técnico y económico.

En las figuras 8 y 9, las presiones de vapor de agua y las temperaturas a lo largo de una distancia x a partir de la línea central de la caverna ó se han trazado respectivamente, reflejando dos situaciones diferentes y refiriéndose a cin

30

co puntos utilizando datos aproximados, de la temperatura del ambiente supuesta en la gama de 8°C a 10°C en E. La línea continua corresponde al estado después de la congelación de la zona B en la figura 4 pero antes que haya tenido lugar cualquier eliminación de agua de la roca, a parte de la migración de agua que ocurre inevitablemente cuando se congela la zona B. La perforación 24 se refiere al sistema de circulación interior que en esta situación está a punto de ponerse en la corriente. Las líneas de rayas reflejan la situación algún tiempo después del punto inicial y de la desecación de la pared de roca. La humedad representada por el área ABCDD'C'B'A alcanzará, a su tiempo, la pared de la caverna con este aislamiento, sinó se adoptan medidas adicionales de eliminación de vapor de agua, pero el régimen al cual sale el vapor de agua de la zona alrededor de D' (25) depende de su temperatura y estará influenciado por las elevadas presiones de vapor de agua indicadas en D-C y la temperatura alrededor de 24, que es el sistema de circulación interior. Cuando se exponen los factores implicados los cambios de temperatura extraordinariamente lentos mencionados, que pueden exigir el transcurso de años antes de alcanzar un equilibrio se podrán comprender mejor quizá considerando que la roca consiste en una multitud de filas de pequeños elementos más ó menos apretados, entre los cuales se crearán equilibrios innumerales. No obstante, las presiones de vapor de agua extraordinariamente bajas que aparecen en la dirección de la caverna y alrededor de la misma serán el factor primordial final. Por experiencia, se sabe bien que el vapor de agua del ambiente se precipita como hielo en las paredes de la caverna ó en las paredes de los tanques subterráneos. En tales casos, en particular a bajas temperaturas cuando se produce también una contracción de

temperatura notable, pueden caer trozos de roca en la caverna y se destruyen los cimientos de los tanques subterráneos. Por esta razón se ha dado una función de secado al sistema de circulación interior en solicitudes de patentes anteriores para evitar que el vapor de agua alcance la pared de la caverna produciendo deterioro del aislamiento, etc. La figura 10 ilustra la forma en que la humedad a lo largo de la pared de la caverna y la humedad que emana del ambiente ó la zona situada alrededor del sistema de circulación exterior se verá obligada a moverse hacia la zona muy seca situada alrededor del sistema de circulación interior. Dicho "sifón de humedad", que recoge la humedad, evita dificultades de operación, deterioro del aislamiento y penetración de las barreras de líquido. El gas seco se produce con ayuda de tamices moleculares de otro equipo.

Además de las temperaturas, otros parámetros como la presión, contenido de humedad, composición del gas, pueden variar ó establecerse a un nivel deseado en cada sistema de circulación, ofreciendo de este modo posibilidades adicionales de controlar la situación de funcionamiento y la introducción de otros procesos de interés.

Una de dichas posibilidades es la de avalar el principio de la difusión utilizando un gas como vehículo. Aún cuando la roca se haya compactado perfectamente, la fuerza motriz del vapor de agua, indicada por el descenso pronunciado de la curva de presión del vapor de agua correspondiente en la figura 3, hará que el vapor se difunda a través de los poros de la roca. Si los vapores de agua se pueden difundir a través del material, igualmente lo harán los gases. La fuerza motriz en ambos casos no es diferente en principio, ó sea, una caída de presión. Si dicho gas el gas vehículo, presente en el almacenamiento

to y en el sistema de circulación interior, experimenta una -
caída de presión suficiente, declinando en la dirección desde
el almacenamiento por el sistema de circulación interior 24 -
hasta el sistema de circulación exterior 25, el gas vehículo -
5 recibe un promedio de velocidad en exceso al del vapor de agua
y barrerá las moléculas de agua de avance más lento en el sis-
tema de circulación exterior 25 y evitará que penetren en la -
zona de roca barrida de este modo. El gas vehículo se puede en-
viar de nuevo al almacenamiento 10 y/o al sistema de circula-
10 ción interior ó a ambos poniéndose en circulación el gas vehí-
culo. El sistema del gas vehículo constituiría un tercer siste-
ma de recirculación de gas cerrado, que comprendería también -
el empleo de equipo de eliminación de agua. Como regla general,
la difusión del gas tiene lugar con una velocidad del orden de
15 un metro/hora ó menos. Los regímenes de difusión se pueden en-
contrar en publicaciones y se pueden determinar y calcular fá-
cilmente. La figura 11 refleja la situación de la presión de -
vapor de agua en una pared de almacenamiento rocosa después de
haberse desecado la pared de la caverna rocosa, permitiendo -
20 que un gas vehículo circule entre los sistemas de circulación
interior 24 y exterior 25. Los vectores de velocidad se expli-
can por sí mismo.

Otro uso de aplicar presiones diferentes en diversas
partes de la instalación de la caverna se refiere al factor im-
25 portante de seguridad de funcionamiento de dicho almacenamiento
según se ha explicado en las solicitudes de patentes anteriores.
Al contrario que en la tecnología anterior, hemos sugerido un
sistema de seguridad externo, que funciona a una presión menor
que la de la instalación de almacenamiento y, por lo tanto, -
30 atrae los gases fugados de los sistemas numerosos originales de

5 fisuras y las nuevas creadas por posibles tensiones térmicas ó por terremotos aunque, como regla general, los terremotos no afectan a las cavernas subterráneas, puesto que la onda sísmica recorre la superficie de la tierra. El principio de dicho sistema de seguridad se ilustra en la figura 12, que representa el empleo de un sistema de circulación interior solamente como un sistema de seguridad externo, refiriéndose la referencia P a la presión existente a lo largo de la abscisa x, situándose x = 0 en la línea central c del almacenamiento y significando la referencia 31 varias direcciones de flujo de los gases fugados y la referencia 32 la dirección general del vapor de agua de emigración.

15 Es importante observar que el principio de utilizar un ligero vacío en los sistemas de circulación con relación a la presión en el almacenamiento es congruente con la idea de aplicar el principio de difusión para eliminación del agua poniendo en práctica una caída de presión en aumento desde el almacenamiento en dirección al sistema de circulación exterior.

20 A este respecto, es conveniente indicar que un sistema de purga no funciona según el mismo principio, puesto que se basa en una presión en exceso que no atrae los gases fugados. Los sistemas de purga anteriores se han situado en el interior de los tanques. La seguridad de funcionamiento de una instalación exigirá también que los gases fugados se puedan recuperar y enviarse de nuevo a almacenamiento, cuyos procedimientos se han descrito en las solicitudes de patentes anteriores. Ambos sistemas de circulación se pueden utilizar para esta finalidad, cumpliendo cada una esta función si el otro sistema se utiliza para alguna otra cosa, v.g., para fines de estanquidad.

30 En nuestras solicitudes de patentes anteriores se ha

descrito, como se hace estanca una pared de almacenamiento subterráneo introduciendo un fluido de estanquidad a presión en el sistema de circulación, si fuera necesario, después de enfriar el área con objeto de abrir los resquebrajamientos. En particular se han recomendado compuestos de dilatación, que después de ponerse en contacto con el producto fugado ó el agua experimentan un proceso de dilatación cerrando por lo tanto de un modo más firme las fisuras. Ambos sistemas de circulación se pueden someter a dichos procedimientos de estanquidad y se puede elegir una sola perforación para dicha operación después de haberse averiguado que se conecta con una fuente de fuga. El método y sus ventajas se divulgan en la figura 13, donde la presión de estanquidad aplicada, P_s , curva 34 se traza a lo largo de la abscisa x, indicando la flecha 33 la dirección principal del flujo del fluido de estanquidad. Por la figura resultará evidente que los resquebrajamientos en la dirección del almacenamiento tienden a cerrarse, mientras que los resquebrajamientos en la dirección del ambiente 36 quedan abiertos, cuyo hecho es de importancia. Finalmente se puede indicar la importancia de tener un método a nuestra disposición que, de hecho, pueda aplicarse durante la operación y, por lo tanto, no exija una detención del proceso de almacenamiento para fines de reparación que después puede ser una fase de operación que ha de evitarse en toda circunstancia.

Es igualmente importante observar que según la filosofía de diseño de la presente invención se supone que la finalidad del aislamiento es principalmente aislar y reducir por lo tanto la transferencia térmica y después, en segundo lugar, evitar que el contenido líquido alcance la superficie rocosa. Si se produjera un resquebrajamiento en el aislamiento, comprende-

ría tan solo una pérdida de calor adicional infinitesimal. Dicha filosofía de diseño es imperativa como resultará evidente a cualquiera que se dé cuenta de que una instalación de esta clase, que puede que tenga que funcionar durante décadas sin interrupción, no debe depender de la capacidad de un solo hombre, de algunas tensiones incalculables en el terreno ó de una causa accidental. Un método para taponar fisuras, describir fisuras y recuperar productos fugados durante el funcionamiento es, por lo tanto, una parte indispensable de la especificación de una planta de este tipo.

La razón del por qué no haya de utilizarse el llamado "sifón frío", situado fuera de la pared de la caverna y funcionando a menor temperatura que la del almacenamiento, depende, como es lógico, del hecho de que dicho sifón frío haría que se resquebrajara la roca aún cuando pudiera atraer la humedad de todas las direcciones. Tampoco funcionará para enfriar la pared de almacenamiento con cambiadores de calor cuya temperatura es ligeramente superior a la del líquido almacenado, situándose los cambiadores de calor en la pared del almacenamiento. Dichó diseño, como es lógico, resquebrajaría la pared de roca y crearía innumerables fugas, a parte de atraer la humedad del ambiente, dando lugar a deterioro del aislamiento, etc.

Se recordará que el cambio de temperaturas en la roca es un proceso extraordinariamente lento, que al mismo tiempo implica cambios de presiones de vapor de agua que, a su vez, dá lugar al desarrollo de otros cambios en la roca, v.g, el proceso que a veces puede dar lugar a levantamiento del terreno. El problema de fisuración de la roca y de la distribución de tensiones en la roca deberá tenerse presente. Cada diferencia de temperatura en relación con la temperatura natural origi

nal del ambiente crea cambios, tensiones y desequilibrios. Con el empleo de extensímetros, instrumentos de medición de la humedad, termómetros, instrumentos de medición de la presión, - etc, se puede conseguir un funcionamiento equilibrado de la zona de almacenamiento con ayuda de instrumentos de control electrónico programados. El disponer de dos sistemas de circulación permite que cada uno de ellos se utilice para controlar y establecer el gradiente de temperatura deseado entre los dos sistemas. Cada uno de ellos se puede utilizar para desecar las zonas circundantes de su sistema de circulación con ayuda de un gas de circulación deshidratado, mientras que, al mismo tiempo, cada sistema se puede utilizar para estanquificar fisuras en la formación de roca y aplicar presión. Además, cada sistema de circulación se puede utilizar como sistema de seguridad induciendo un ligero vacío con relación a la fuente de fuga, para detectar las fugas y el producto fugado, todo ello de acuerdo con lo expuesto en la solicitud pendiente nº 446.997 y nº

La labor del sistema de circulación exterior consiste en reducir la temperatura de la zona circundante con la mayor velocidad posible para formar una sombrilla de hielo, resolviendo de este modo el problema de desagüe y el problema de estanquidad de la roca antes de que comience la construcción del área de la caverna. Para comenzar, y bajo el periodo de construcción y también cuando es permisible de otro modo, se utiliza aire como medio de enfriamiento en este sistema de circulación exterior. Este enfriamiento primitivo del sistema de circulación exterior hará que emigre el agua también desde el área de la futura caverna hacia el sistema frío exterior. Después que el agua se ha eliminado de la roca dentro del sistema de enfriamiento exterior secando las paredes de la caverna y el

área alrededor del sistema de circulación interior, v.g., con aire seco caliente, puede comenzar el almacenamiento real de fluido criógeno una vez que se ha completado el trabajo restante de construcción.

5 Se obtendrán condiciones estables para almacenamiento criógeno: controlando el contenido de humedad del medio de circulación; eligiendo una relación apropiada entre las presiones en el área de almacenamiento, en los sistemas de circulación interior y exterior con objeto de detectar la fuga de producto y remover el producto de los sistemas de circulación interior y, si se desea, las mismas fases de detección y remoción con respecto al sistema de circulación exterior así como la remoción de agua de acuerdo con la ley de difusión, ajustando al mismo tiempo la barrera de temperatura y el nivel de temperatura en el sistema de circulación exterior.

10

15

Después que ha transcurrido un tiempo suficiente a partir del periodo inicial, ocurre lo siguiente:

1) El área alrededor del sistema de circulación interior está seca y toda el agua entre este sistema y el área de almacenamiento se habrá eliminado. La barrera de temperatura es suficientemente elevada para evitar la fisuración. Por una elección apropiada del gas, el gas vehículo de difusión, mediante una elección apropiada de tres presiones y dos diferenciales de presión entre el almacenamiento y los sistemas de circulación interior y exterior, se removerá todo el agua entre las áreas de los sistemas de circulación interior y exterior. La función de desecado del gas en este sistema de circulación interior actúa en grado notable como medida de seguridad (véase la figura 11).

20

25

2) El nivel de temperatura del sistema de circulación

30

5 exterior se mantiene por debajo de 0°C, asegurando la existencia de la sombrilla de hielo de estanquidad, y por lo tanto, ajustada para servir como sifón frío para el agua que emana, al menos al comienzo, desde la zona comprendida entre los dos sistemas de circulación al igual que del ambiente exterior. Se crea un estado estable en el área de este "sifón frío", que es la sombrilla de estanquidad de agua.

10 3) Los instrumentos analíticos sensibles verifican continuamente si se producen fugas, removiéndose los productos fugados de las corrientes de circulación y enviándose de nuevo a la fuente.

15 Los sistemas de circulación intercambian calor; las corrientes de circulación forman un circuito cerrado; el gas difundido vuelve a la fuente después de eliminar la humedad y los contaminantes.

La figura 1 es una vista esquemática en sección que ilustra el agua vaciada en la caverna dando por resultado un baño del nivel de la tabla de agua.

20 La figura 2 ilustra el efecto de la figura 1 que tiene una zona de congelación formada en anillo, que se ha dibujado con tubos horizontales de congelación para fines ilustrativos.

La figura 3 es un gráfico que ilustra las presiones de vapor de agua sobre el agua y el hielo, respectivamente.

25 La figura 4 es una vista esquemática en sección e ilustra el movimiento del hielo sublimado con respecto a la caverna de almacenamiento y el suministro de agua líquida desde el ambiente hasta el anillo de hielo.

30 La figura 5 es una vista esquemática que ilustra la acción de bombeo de una corriente de gas seco ó frío.

La figura 6 es una ilustración que representa el efecto de la formación de un sifón de humedad alrededor de la caverna.

5 La figura 7 es una ilustración del uso de una barrera de temperatura y su efecto sobre la migración de vapor de agua.

10 La figura 8 es una ilustración esquemática de la distribución de las presiones de vapor de agua en la zona de almacenamiento después de congelar la zona exterior, la sombrilla de hielo, sin utilizar gas de desecación; línea continua: antes de llenar la caverna con líquido criógeno; línea de rayas: las presiones reales del vapor de agua después de un cierto tiempo de utilización de la caverna criógena.

15 La figura 9 es una ilustración esquemática de las temperaturas correspondientes a los datos de la figura 8.

La figura 10 es una ilustración esquemática de la distribución de las presiones del vapor de agua después del periodo inicial si se ha utilizado en la figura 8 un gas de desecación.

20 La figura 11 es una ilustración esquemática de la distribución de las presiones del vapor de agua algún tiempo después del periodo inicial cuando se aplica el principio de difusión, introduciendo gas vehículo en el sistema de circulación interior 24 y removiendo el gas del sistema de circulación exterior 25.

25 La figura 12 es una ilustración pictórica que ilustra el uso de un ligero vacío en el sistema de circulación con relación a la presión del almacenamiento como parte de un sistema de verificación de fuga de producto gaseoso.

30 La figura 13 es una ilustración pictórica que ilustra

Los efectos de la caída de presión durante las operaciones de estanquidad de las fisuras de la caverna.

5 La figura 14 es una vista esquemática en sección y en alzado de un tipo cilíndrico de depósito de almacenamiento subterráneo según la invención con una pluralidad de perforaciones horizontales para el sistema de circulación interior.

10 La figura 15 ilustra una vista esquemática en alzado y en sección de un tipo horizontal de depósito de almacenamiento subterráneo según una modificación de la invención en una pluralidad de canales de circulación.

15 La figura 16 es una vista en perspectiva de la zona de almacenamiento rocosa con túneles auxiliares que, junto con las perforaciones, constituyen el sistema de circulación exterior secundario; y

20 La figura 17 es una vista esquemática en alzado y en sección de una caverna horizontal, que ilustra los dos sistemas de circulación, construido en base de dos sistemas de túneles separados.

25 Los tubos para alimentar y extraer líquido ó gas pueden ser de tipo tradicional y no se ilustran en los dibujos. - Igualmente ocurre con otros equipos e instrumentos necesarios. Las partes correspondientes se indican con los mismos números de referencia.

30 Las perforaciones 17 según la figura 14 se pueden perforar cerca de la superficie rocosa y a lo largo de la superficie rocosa de la caverna de almacenamiento 10 ó moldearse en una pared de hormigón en el interior de la caverna rocosa 10. En la figura 15 los canales de circulación interiores 17 se encuentran, para el sistema interior, entre la pared de almacenamiento rocosa exterior real ó la pared de hormigón moldeada y

una pared aislada interior, el aislamiento como en la figura 14 indicado por la referencia 37, el espacio de evaporación indicado por la referencia 38, y la ventilación de gas indicada por la referencia 39. Las figuras 16 y 17 ilustran en principio, la forma en que un almacenamiento subterráneo 10 de la clase expuesta se construye según la presente invención y los métodos modernos de bajo coste. Durante la construcción se forma un túnel de acceso de descenso y, como regla general, se excavan cuatro túneles auxiliares 11-14, empleando para este fin máquinas automáticas con equipo para la remoción de los trozos de rocas rproducidos. Entre estos cuatro túneles auxiliares horizontales 11-14, construídos para la preparación del área de almacenamiento real, se perfora una red regular de perforaciones 15, con ayuda de máquinas perforadoras de gran velocidad, automáticas, hidráulicas, modernas, especiales. La pluralidad de perforaciones 15 entre estos túneles 11 y 14 y los propios túneles que comprenden la futura caverna real y el futuro sistema de circulación interior constituyen al mismo tiempo el sistema de circulación exterior (correspondiente a la zona B en la figura 4). Para la circulación de un gas frío en el sistema de túneles 11-14 y perforaciones 15 se puede utilizar un aparato de refrigeración común para los dos sistemas. El agua en la roca de la zona 11-14, 15 se congelará, formando una sombrilla de hielo ó zona de hielo; esta congelación evita, según se ha mencionado ya, que se vacíe la roca de agua durante la fase siguiente de construcción. De este modo, la roca se mantiene también impermeable y se detiene el flujo de agua de las partes circundantes. En primer lugar se deben detener los grandes flujos de agua en la forma tradicional con inyección de cemento.

En la figura 16 se ilustran perforaciones taladradas

horizontalmente 17 para el sistema de circulación interior. Dichas perforaciones son más costosas de taladrar que las del procedimiento representado en la figura 17, siendo la razón que el método ilustrado en la figura 16 exige la construcción de nichos aproximadamente cada 40 metros, porque la técnica presente no permite hacer perforaciones más largas.

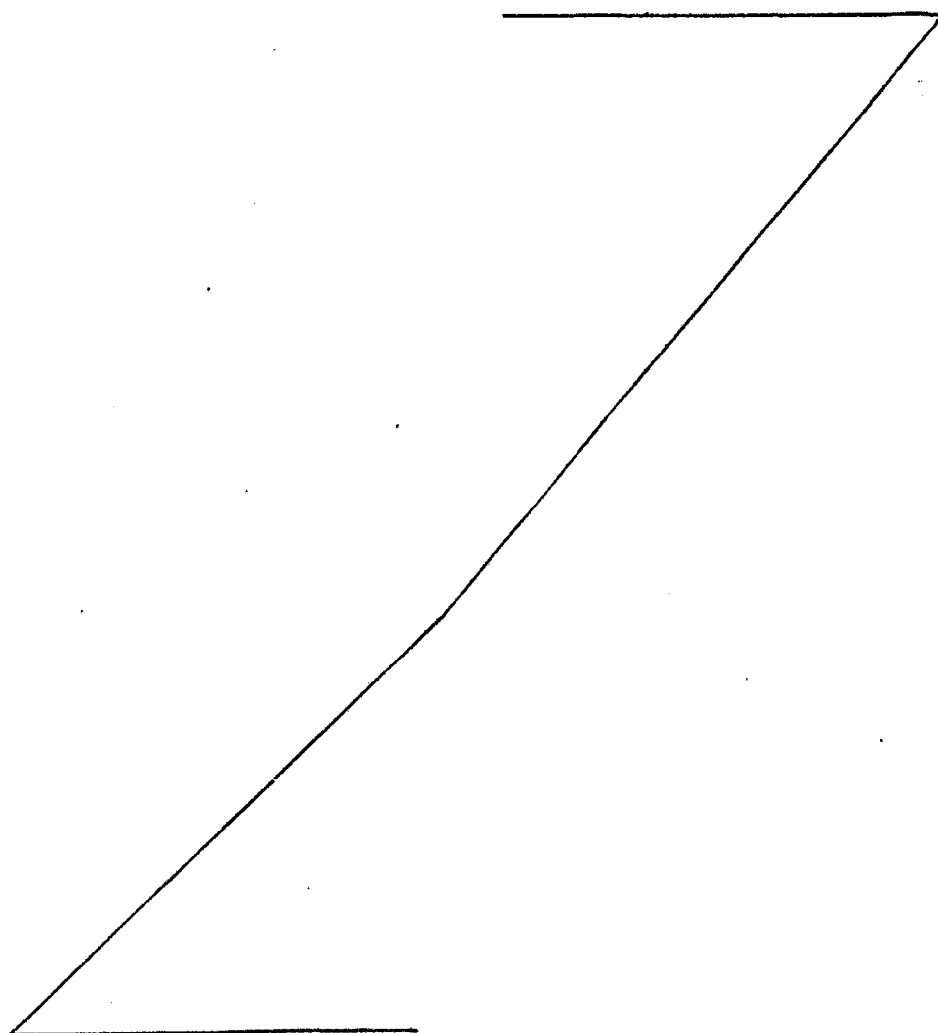
Para comenzar, se utiliza siempre aire frío como medio de enfriamiento para que la construcción pueda continuar sin demora. La temperatura del sistema de circulación exterior deberá reducirse por debajo de 0°C lo antes posible para hacer que la migración de agua se encamine desde el área de almacenamiento hacia el ambiente exterior y crear la sombrilla de hielo en una etapa inicial.

Tan pronto como está dispuesto el sistema de circulación interior, se hace circular aire seco en este sistema así como en la caverna para remover agua alrededor del sistema de circulación interior y la pared rocosa.

Los cuatro túneles auxiliares 11-14 (se puede utilizar un número diferente de túneles) se excavan para preparar el área donde se ha de construir el almacenamiento real. El empleo de túneles para establecer el sistema de circulación exterior es, por consiguiente, un asunto secundario. Taladrando las perforaciones 16 desde estos túneles al interior del área futura de almacenamiento e inyectando cemento y resina epoxi ó compuestos similares a bajas presiones, b.g., de aproximadamente 3 kp x cm^2 , aumenta notablemente la calidad de la roca, se cierran las fisuras y se aglutinan las superficies fisuradas. Una vez que se ha excavado el área de almacenamiento, se puede llevar a cabo una inyección más eficaz a alta presión (40 en las figuras 14 y 15) para asegurar una estanquidad completa, em

pleando presiones que alcanzan hasta 100 kp x cm^2 . Entonces se construyen los túneles 18-21 y perforaciones 22 para el sistema de circulación interior, perpendiculares al eje de almacenamiento. La superficie del área de almacenamiento se sella entonces, v.g., con una capa de resina epoxi y se aplica el aislamiento por pulverización en la pared sellada.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.



REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento e instalación para el almacenamien-
to subterráneo de productos criógenos en un área de almacena-
miento, cuya área de almacenamiento tiene la forma de una caverna
5 na de almacenamiento subterránea en una formación rocosa mante-
nida a una temperatura diferente a la temperatura natural del
ambiente que rodea a las paredes, suelo y techo de la caverna
de almacenamiento, caracterizado el procedimiento porque com-
prende las fases de: disponer en el exterior de la caverna de
10 almacenamiento, con ó sin aislamiento, un primer sistema de -
circulación interior que rodea la caverna, cuyo sistema de cir-
culación tiene una pluralidad de perforaciones distribuidas de
un modo regular alrededor de la caverna y cerca de su superficie
perforándose preferiblemente las perforaciones entre un primer
15 sistema interior de túneles circundantes, cuyos túneles son pa-
rales al eje del espacio de almacenamiento, comprendiendo y
rodeando el sistema de túneles y las perforaciones a la caverna
disponer más separado de la caverna y por lo tanto en el exte-
rior del primer sistema de circulación interior y en relación -
20 de funcionamiento con el mismo, un sistema de circulación énte-
rior secundario consistente en una pluralidad de perforaciones
distribuidas de un modo regular, taladrándose las perforaciones
entre un segundo sistema exterior de túneles circundantes cuyos
túneles son paralelos al eje del espacio de almacenamiento y -
25 que, junto con las perforaciones mencionadas en último lugar com-
prenden la caverna y el sistema de circulación interior; intro-
ducir en el primer sistema de circulación interior un medio de
cambio de calor en circulación para cambiar calor entre el medio
en circulación y las partes circundantes alrededor del primer -
30 sistema de circulación interior; introducir en el segundo siste

30
ph

ma de circulación exterior un medio de cambio de calor en circulación para cambiar calor entre el medio en circulación y - las partes circundantes alrededor del segundo sistema de circulación exterior; intercambiar calor entre el medio en circulación y las partes circundantes alrededor de los sistemas de - 5 circulación respectivos interior y exterior, manteniendo intercambio térmico con las partes circundantes del primer sistema de circulación interior que mantiene sus paredes, suelo y techo de la caverna a una temperatura predeterminada por encima de - 10 una temperatura de los fluidos almacenados para formar una envolvente de barrera de temperatura alrededor de la caverna; reducir el régimen de sublimación del hielo en la caverna haciendo que funcione uno ó ambos sistemas de circulación por debajo de 0°C cuando los fluidos criógenos almacenados en la caverna 15 se encuentran a una temperatura por debajo de 0°C; mantener la barrera de temperatura alrededor y por debajo de la caverna a un nivel más elevado que el del fluido criógeno; absorber y eliminar el vapor de agua sublimado del hielo y el agua en la zona del primer sistema de circulación interior por dicho intercambio térmico y el medio de desecación en el sistema de circulación 20 interior; enfriar el ambiente del sistema de circulación exterior por recirculación de un gas, preferiblemente aire frío introducido en el mismo durante un periodo inicial y durante un periodo ulterior, cuando sea necesario con otros gases fríos, 25 siendo la temperatura de estos medios de enfriamiento inferior a 0°C para formar una zona congelada alrededor del sistema de circulación exterior congelando el agua en la roca en las proximidades del área de la caverna y alrededor del sistema de circulación exterior, afectando simultáneamente a la pendiente y el nivel de los gradientes de temperatura en la forma deseada -

30
11/29

alrededor de la caverna con lo que se detiene el flujo de agua líquida en la dirección de la caverna desde las partes circundantes y se conserva la impermeabilidad natural de la roca.

5 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: introducir un medio de desecación en el primer sistema de circulación interior para remover cualquier vapor de agua sublimado, agua existente ó hielo.

10 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende la fase de: introducir un medio de desecación en el segundo sistema de recirculación exterior para remover cualquier vapor de agua entrante, hielo ó agua.

15 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende la fase de: ejerciendo un exceso de presión en los sistemas interior y exterior de circulación, hacer estancas las partes circundantes de la caverna por distribución de un material de estanquidad introducido en los sistemas.

20 5.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende la fase de: ajustar las presiones de funcionamiento en la caverna, en los sistemas de circulación interior y exterior para que un gas vehículo de difusión como medio de intercambio térmico fluya en el sistema de circulación interior y en la caverna con el fin de alcanzar una presión en
25 exceso suficiente con relación a la presión gaseosa en el sistema de una presión en exceso suficiente con relación a la presión gaseosa en el sistema de circulación exterior, estableciendo de este modo una caída de presión entre la caverna el sistema de circulación interior y exterior, haciendo que el gas vehículo de difusión fluya a un régimen suficiente para vencer -
30

la velocidad de las moléculas del vapor de agua que avanzan en la dirección opuesta al gas vehículo y eliminar el agua situada en zonas entre el almacenamiento y el sistema de circulación exterior; devolver el gas vehículo difundido al sistema de circulación interior, al almacenamiento, ó a ambos después de remover los productos fugados y el agua del gas que se devuelve, - por lo tanto, desde el sistema de circulación exterior.

5
10
6.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: introducir un medio de circulación en forma de líquido.


15
7.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: introducir un medio de circulación en forma de gas por ejemplo del grupo consistente en: nitrógeno, dióxido de carbono, hidrocarburos, hidrógeno ó una mezcla de los mismos.

8.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: introducir un medio de circulación para eliminar agua de las partes circundantes del sistema de circulación.

20
9.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: distribuir una sustancia por todo el sistema de circulación y sus partes circundantes mediante el medio de circulación.

25
10.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: verificar los sistemas de circulación para encontrar fugas de líquido de la caverna a las corrientes de circulación respectivas.

30
11.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: recuperar fluido criogénico almacenado que se ha fugado al sistema de circulación a -



través del medio de circulación, recuperando el fluido de la corriente en circulación por absorción, adsorción, ó condensación.

5 12.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: proporcionar intercambio térmico entre el medio respectivo en los sistemas respectivos de circulación interior y exterior.

10 13.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: congelar las partes circundantes de los sistemas de circulación respectivos por debajo de la temperatura de funcionamiento normal para abrir resquebrajamientos en la formación de roca que forma la caverna e inyectar materiales de estanquidad en las paredes, techo y suelo de la caverna y la superficie circundante de los sistemas de -
15 circulación interior y exterior, respectivamente.

20 14.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: introducir materiales de estanquidad en las paredes de la caverna y en las partes circundantes del sistema de circulación, cuyos materiales se dilatan ó hinchan en contacto con el fluido criógeno que se almacena.

25 15.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: introducir materiales de estanquidad en la caverna y sus partes circundantes, cuyos materiales se dilatan ó hinchan en contacto con el agua.

16.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: emplear la caverna como cámara de evaporación para el fluido criógeno que se almacena.

30 *pe* 17.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: emplear fluido criógeno

almacenado como medio de intercambio térmico para la evaporación del fluido almacenado.

5 18.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: aplicar una diferencia de presión para remover agua, hielo, y vapor de agua de la caverna y sus partes circundantes por un fluido vehículo.

10 19.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: excavar túneles auxiliares en paralelismo en varias direcciones alrededor de la caverna en forma de un sistema de circulación exterior; formar una pluralidad de perforaciones taladradas equidistantemente entre los túneles para rodear la caverna y el sistema de circulación interior; enfriar las partes circundantes de la caverna por debajo de 0°C para formar una zona protectora y estancia hacia un flujo de agua entrante; y hacer que el medio de desecación del sistema de circulación exterior remueva el agua, hielo y vapor de agua de sus partes circundantes.

20 20.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: excavar túneles auxiliares en paralelismo en varias direcciones alrededor de la caverna en forma de un sistema de circulación interior; formar una pluralidad de perforaciones equidistantes entre los túneles para rodear la caverna; suministrar calor al gas en circulación - en este sistema de circulación interior para evitar que la temperatura de sus partes circundantes caiga por debajo de un valor deseado predeterminado.

25 21.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende las fases de: construir la instalación de almacenamiento subterráneo de hormigón y situarlo en una formación rocosa ó una formación consistente en materiales sueltos

como arena, limo, arcilla, etc.

22.- Instalación de almacenamiento subterráneo para la -
aplicación del procedimiento según las reivindicaciones 1 a 21
cuyos líquidos se almacenan en un dispositivo de caverna forma
5 do en formaciones rocosas ó en una estructura de hormigón, si-
tuada en roca ó en un medio de materiales sueltos, caracteriza
do porque se emplean dos sistemas de circulación de intercambio
térmico rodeando al dispositivo de caverna; un primer sistema
interior rodeado por un segundo sistema exterior, cuyo segundo
10 sistema envuelve al primer sistema mencionado, formándose cada
sistema con una pluralidad de espacios huecos paralelos y dis-
tribuidos por igual; perforándose los espacios huecos del sis-
tema interior en el material rocoso que rodea al dispositivo -
de caverna de almacenamiento sinó se ha moldeado en hormigón,
15 y cuando se perfora en roca, se perfora preferiblemente desde
un sistema de túneles que rodea la caverna, siendo el eje de
estos túneles paralelos al eje de la caverna; consistiendo los
espacios huecos del segundo sistema exterior en un sistema de
perforaciones y túneles auxiliares, siendo el eje de los túne-
20 les paralelo al de la caverna, rodeando los túneles y los espa-
cios huecos al dispositivo de caverna y al sistema de circula-
ción interior, cuyos sistemas de circulación interior emplea -
un medio para introducir y remover respectivamente sustancias
y agua del sistema de circulación por desagüe y medios de refi-
25 namiento asociados con el mismo para remover el producto del -
dispositivo de caverna; medios de verificación de fugas para -
descubrir fugas de productos criógenos que puedan haber pasado
al sistema de circulación, cuyos medios responden a instrumen-
tos analíticos ó a una diferencia de presión entre el disposi-
30 tivo de caverna y los sistemas de circulación interior y exte-

rior; y medios para crear una caída de presión en la dirección desde el interior de la caverna hacia el sistema de circulación exterior para permitir que el fluido vehículo avance hacia el sistema de circulación exterior para remover el agua y vapor de agua existentes en la zona situada entre la caverna y el sistema de recirculación exterior y devolver fluido vehículo refinado difundido desde el sistema de recirculación exterior de nuevo al sistema de circulación interior ó almacenamiento; empleando el sistema de circulación exterior un medio de circulación para introducir y remover sustancias y agua del sistema de circulación por desagüe y medios de refinamiento asociados con el mismo, creando este sistema de circulación por enfriamiento de su ambiente una zona congelada alrededor del mismo.

23.- Instalación según la reivindicación 22, caracterizado porque el medio de circulación empleado en el sistema de circulación es un gas, por ejemplo del grupo consistente en: nitrógeno, dióxido de carbono , hidrógeno, ó hidrocarburos, ó una mezcla de estos gases.

24.- Instalación según la reivindicación 22, caracterizado porque el medio de circulación empleado en el sistema de circulación es un líquido.

25.- Procedimiento e instalación para el almacenamiento subterráneo seguro de productos criógenos en un área de almacenamiento; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

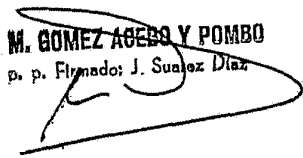
Esta Memoria consta de 35 hojas escritas a máquina -
por una sola cara.

- 9 ENE. 1979

Madrid,

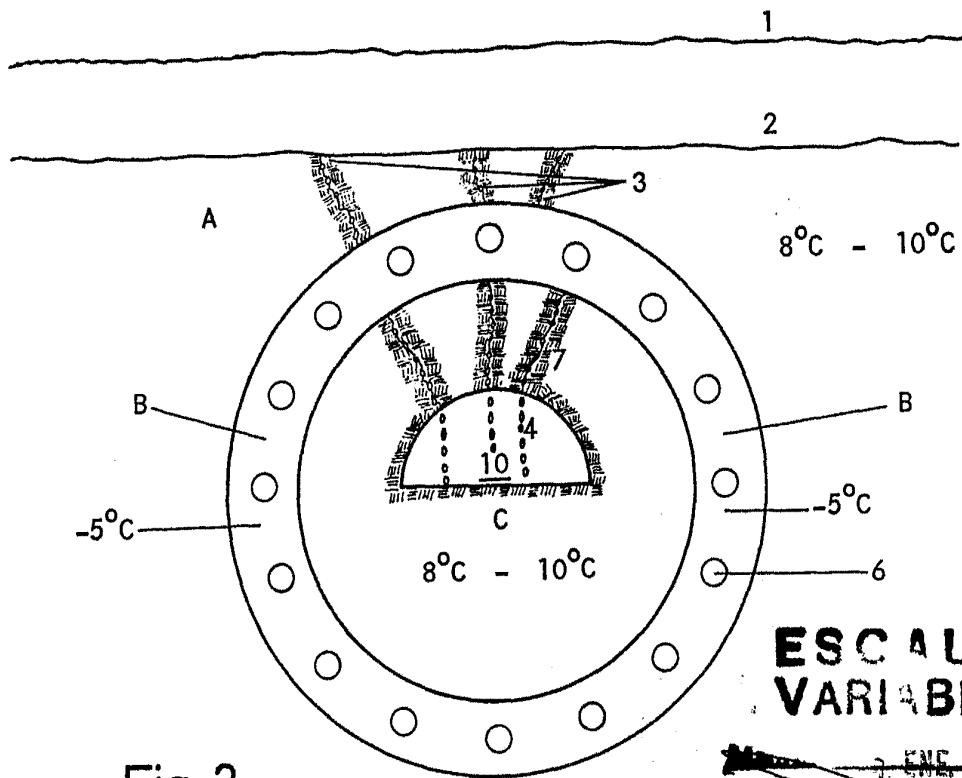
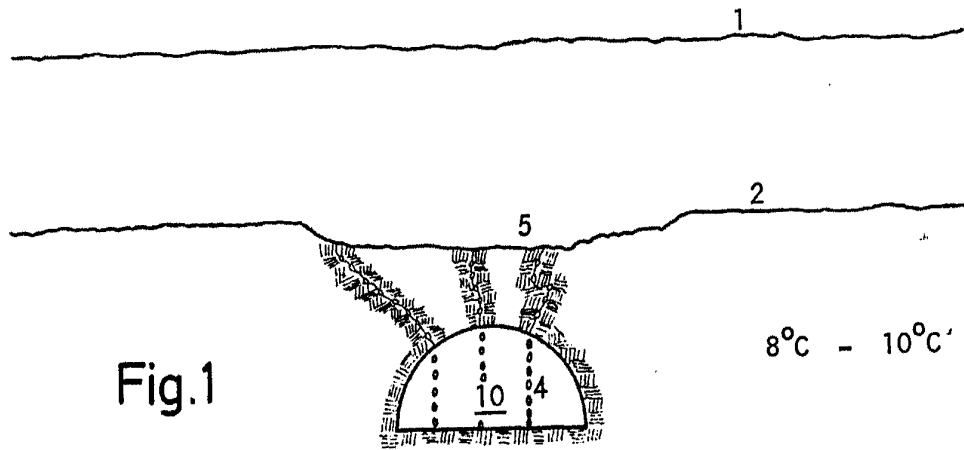
ALF H. GRENNARD.

J. M. GOMEZ ACEBO Y POMBO
p. p. Firmado: J. Suarez Diaz



pey

7



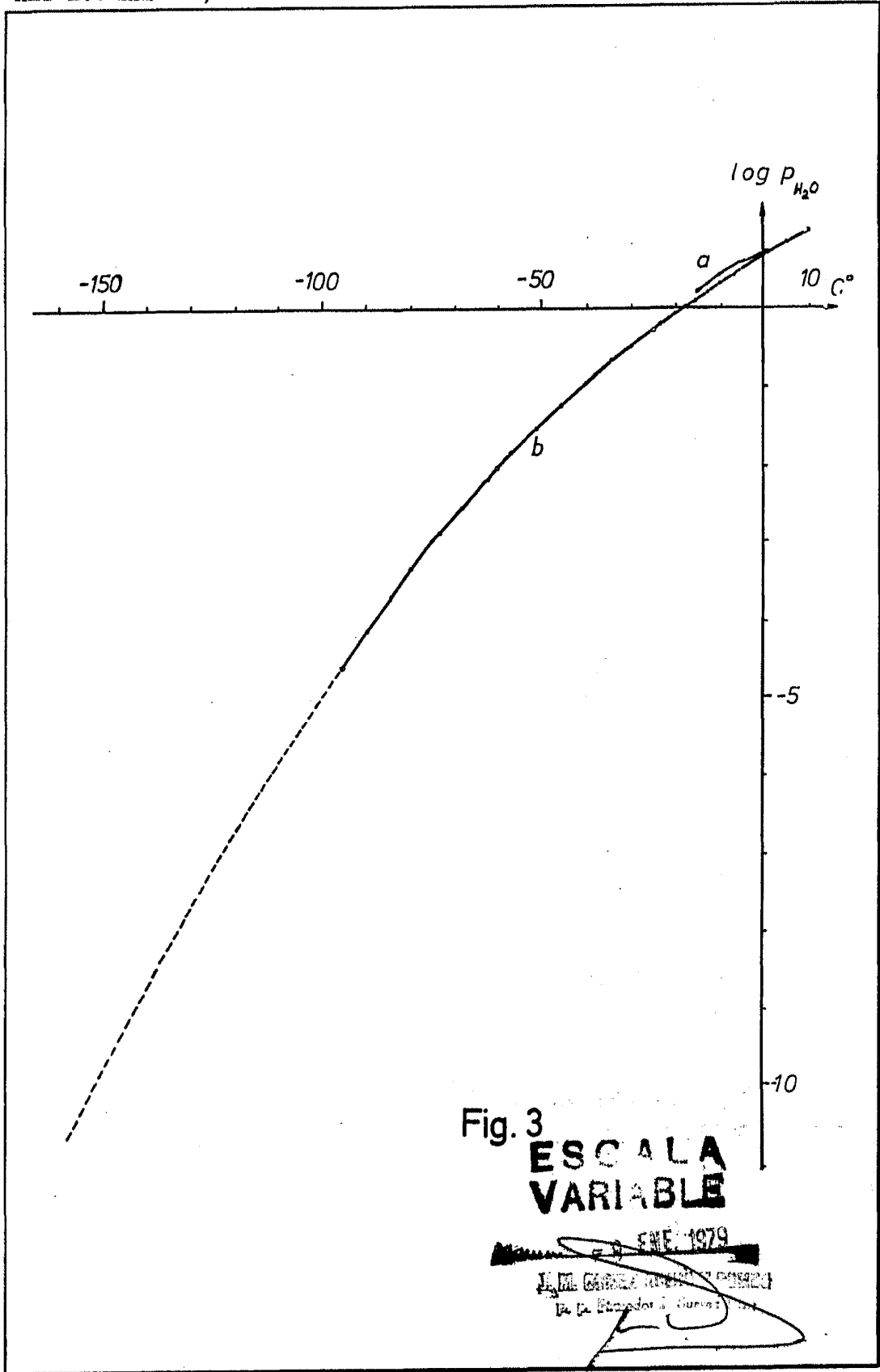


Fig. 3

**ESCALA
VARIABLE**

ENE 1979

J. M. GARCÍA GONZÁLEZ
Dr. C. Eduardo J. Gurev

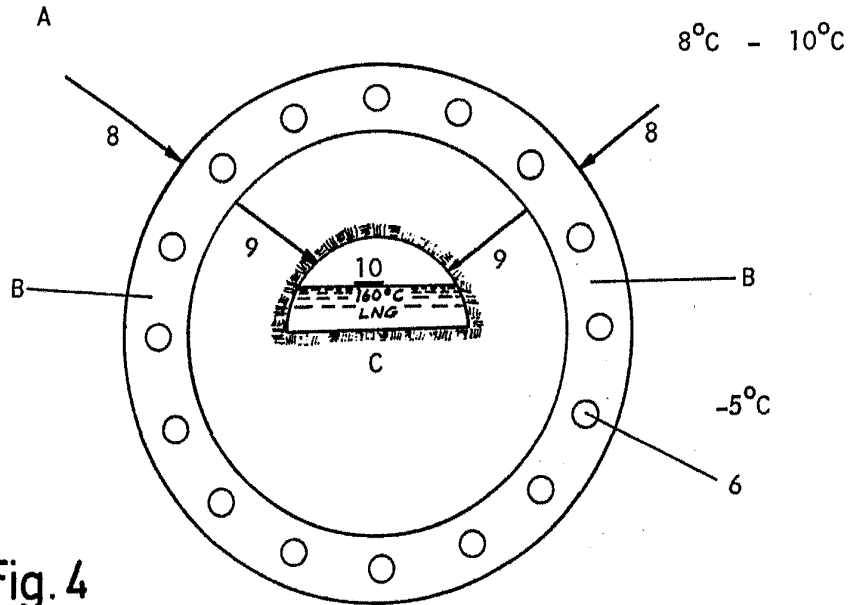
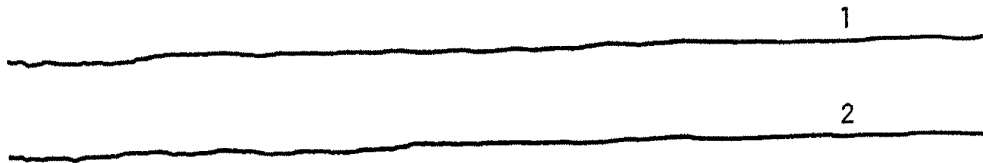


Fig. 4

**ESCALA
VARIABLE**

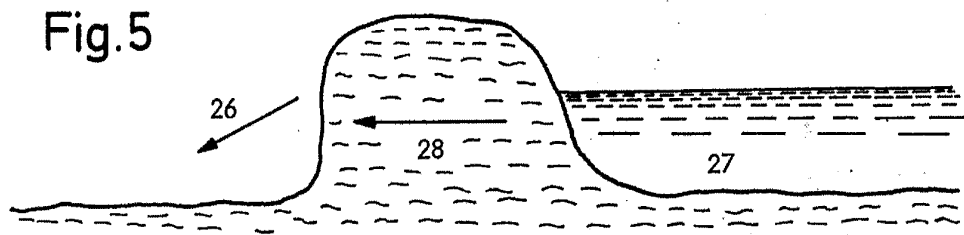


Fig. 5

9 ENE. 1979
Mauricio
L. DE GONZALEZ
[Signature]

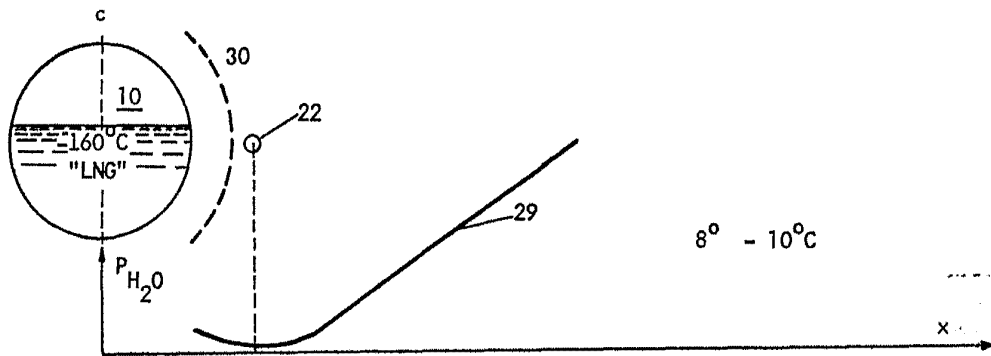


Fig. 6

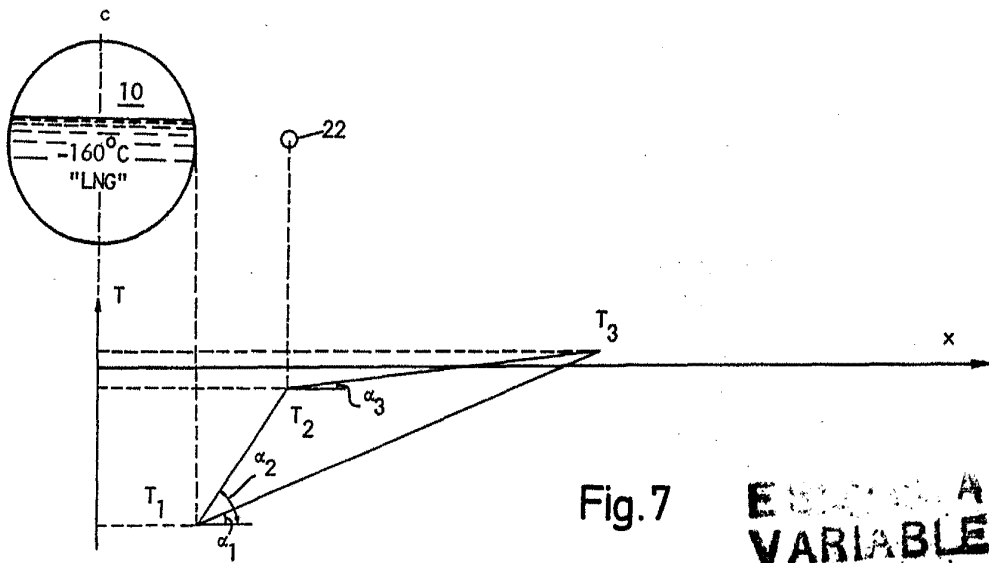
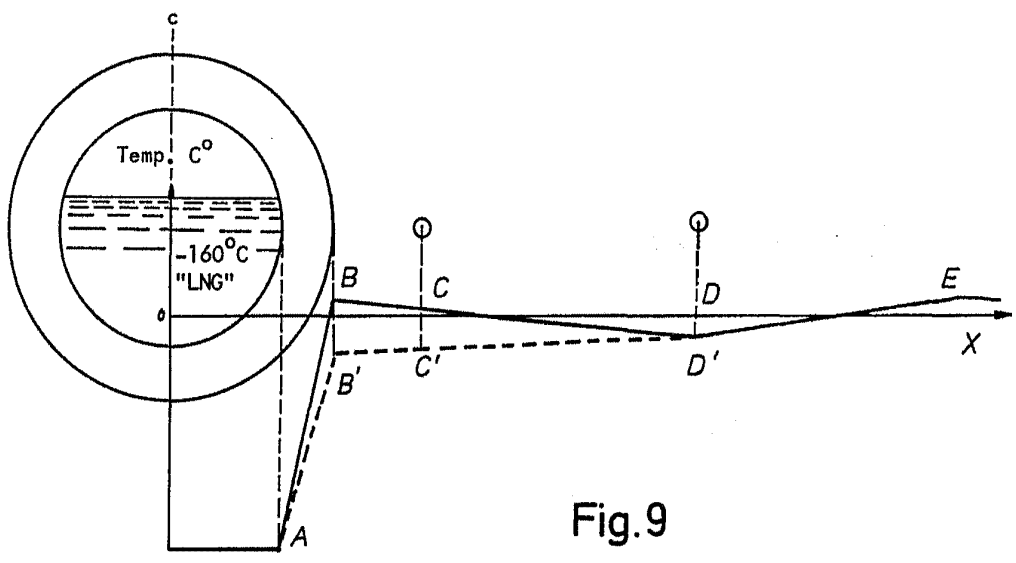
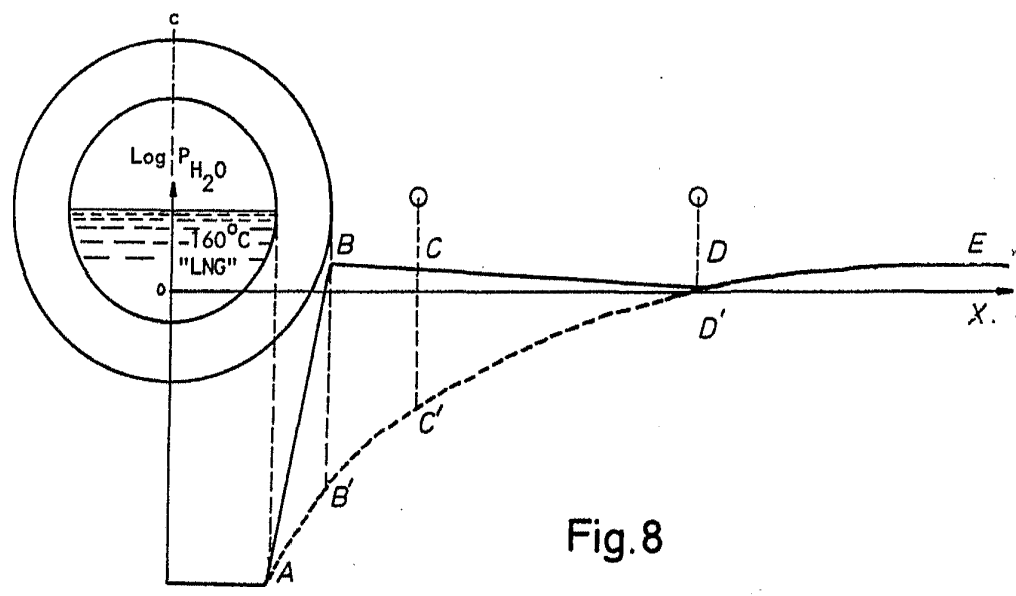


Fig. 7

ESQUEMA A
VARIABLE

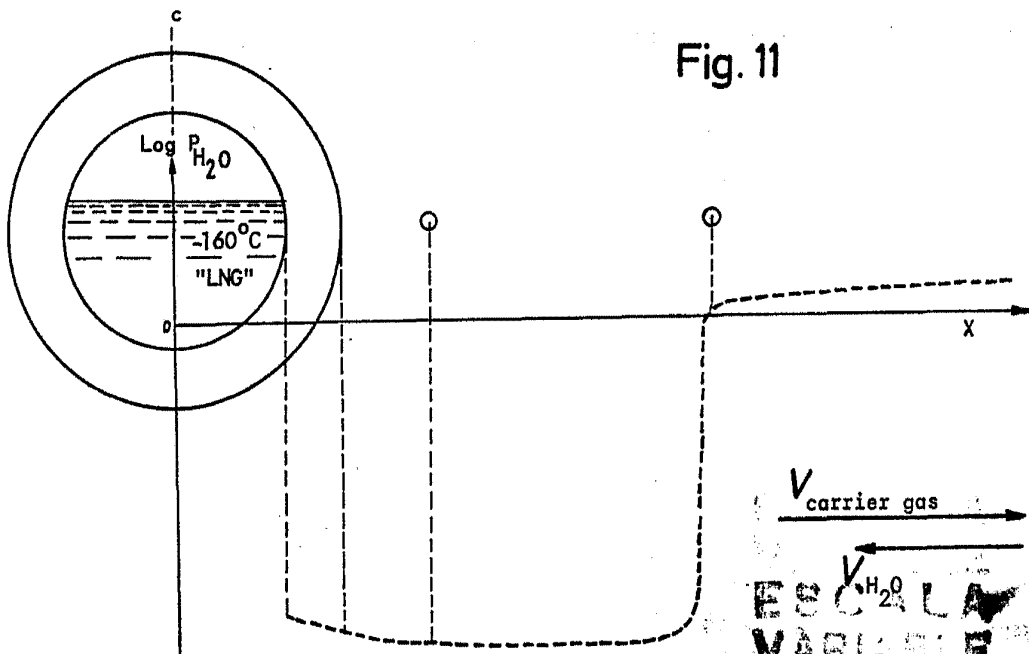
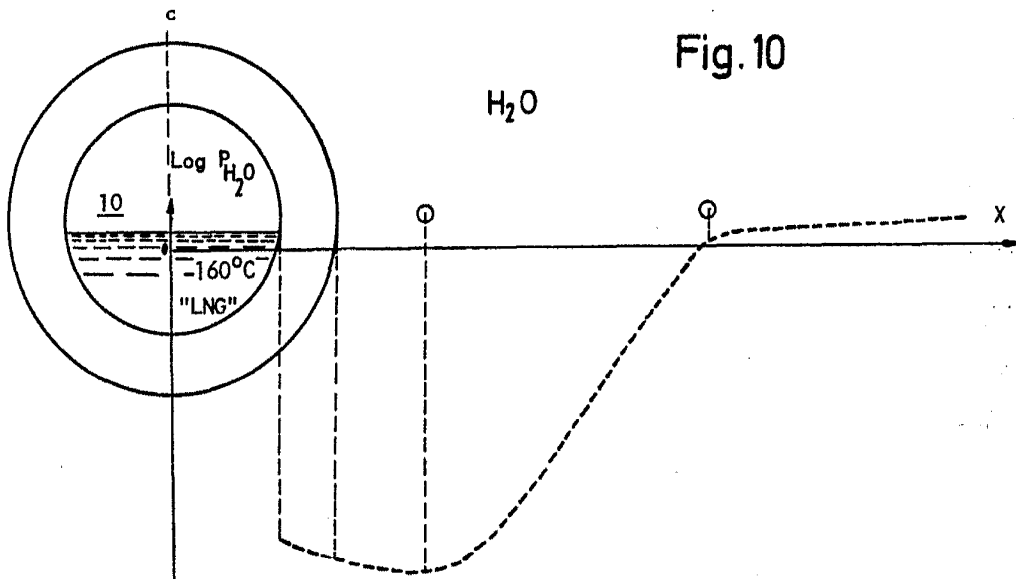
- 9 ENE. 1979

LA COMISIÓN ASISTIDA POR EL PUNTO
DE LA COMISIÓN ASISTIDA POR EL PUNTO



**ESCALA
VARIABLE**
- 9 ENE. 1979

J. M. GOMEZ ROMERO Y ROMERO
Ingeniero J. Suarez Diaz



$V_{\text{carrier gas}}$
 $V_{\text{H}_2\text{O}}$
ESCOLA
VARIABLE

9 FNE 1979
J. M. GOMEZ 10000
a. a. Comador

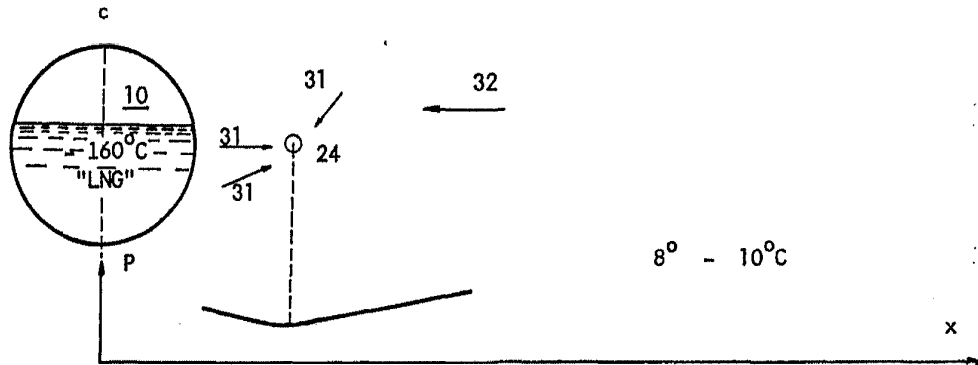


Fig. 12

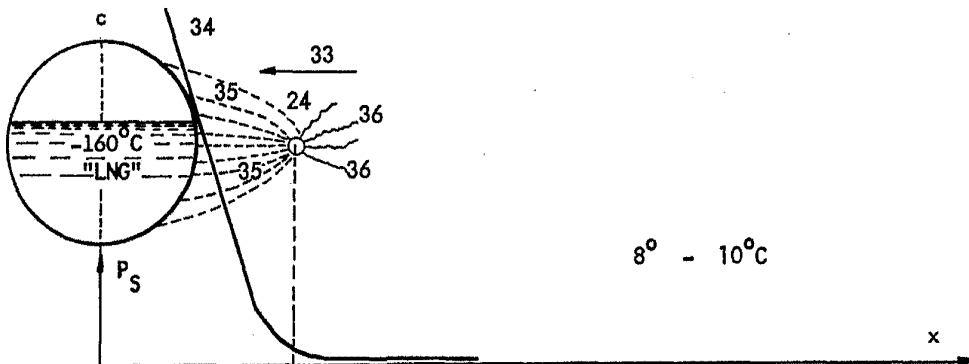


Fig. 13

**ESCALA
VARIABLE**

~~ENE 1979~~
J. M. GOMEZ GONZALEZ Y POMB
p. p. Fumador J. Gomez Diaz

Fig.14

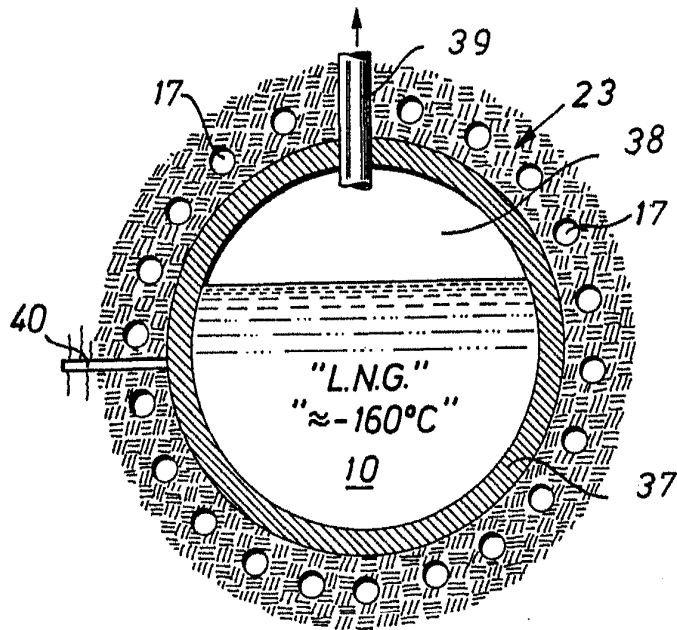
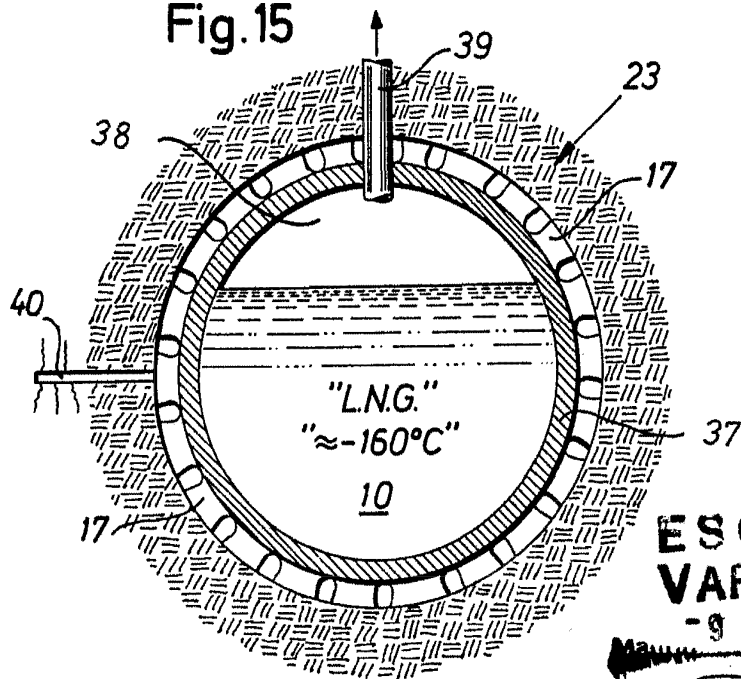


Fig.15



ESCALA
VARIABLE
- 9 ENE. 1979

J. M. GOMEZ AGESO Y PAMBO
Firmador J. Suarez Diaz

Fig.16

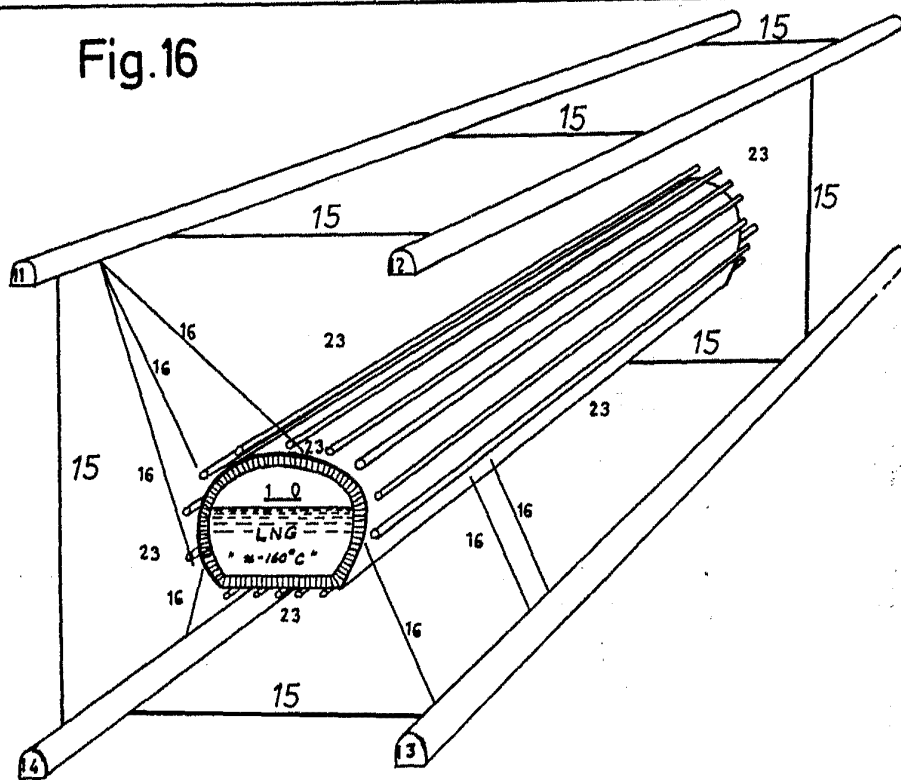
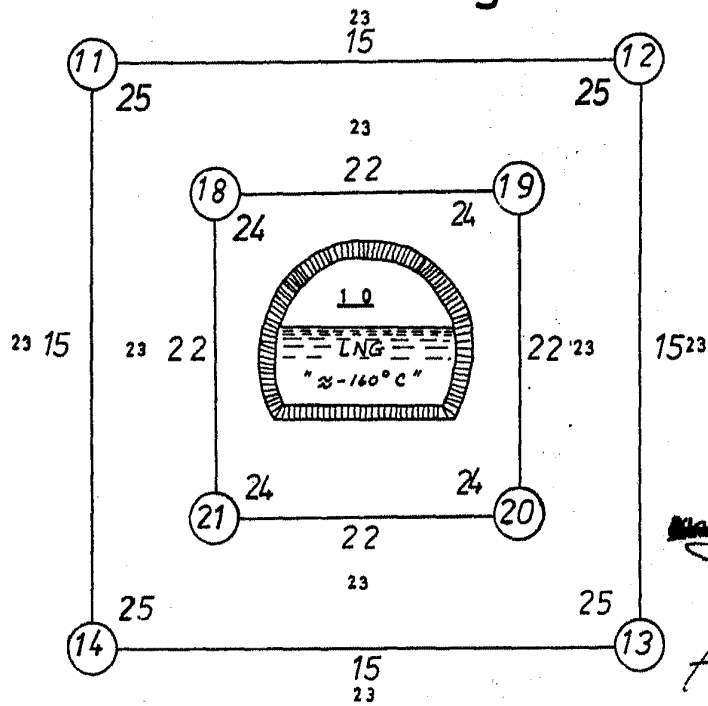


Fig.17



ESCALA VARIABLE
9 ENE. 1979

J. M. GOMEZ ACEDO Y POMBO
Ar. p. Fernando J. S. Diaz