



285197

MEMORIA DESCRIPTIVA
que se acompaña a la solicitud de una

..... PATENTE DE INVENCION

por VEINTE años en España, por "UN PROCEDIMIENTO
.....
DE CONSTRUCCION Y DE PRIMER LLENADO DE UN DEPOSITO
.....
DE ALMACENAMIENTO SUBTERRANEO DE GAS LICUADO A MUY
.....
BAJA TEMPERATURA".

a favor de

..... GAZ DE FRANCE

domiciliado en 23, rue Philibert Delorme, PARIS

(FRANCIA).....

PRIORIDAD: de la solicitud de Patente francesa nº
888.392 de 17 de Febrero de 1.962

INVENTOR: Jean TOCHE, de nacionalidad francesa

285197



5 Como es sabido, antes de estudiar y de realizar un almacenamiento de gas licuado a muy baja temperatura (oxígeno líquido, metano líquido, etc...) es necesario en primer lugar determinar la presión a la cual se explotará el depósito de almacenamiento. En las instalaciones de superficie, o en los buques, se escoge generalmente un almacenamiento a la presión atmosférica, realizándose entonces la extracción del gas licuado mediante bombas de fondo. En el caso de que se realice el almacenamiento subterráneo en una caverna convenientemente instalada, es posible aprovechar las ventajas que procura una explotación realizada bajo presión.

10 El hecho de explotar un almacenamiento entre la presión atmosférica y una presión del orden de 4 kg/cm². abs. permite evitar toda extracción en fase gaseosa, pero es necesario además disponer de bombas de fondo para efectuar la extracción. Cuando se dispone de un depósito que puede explotarse a una presión superior comprendida entre 15 3 y 6 kg/cm². abs., por ejemplo, no es necesaria la utilización de bombas de fondo y puede entonces realizarse la extracción por "sifón", es decir, que puede hacerse subir el líquido a la superficie por acción de la presión sobre la superficie del líquido, obteniéndose esta presión, eventualmente, por inyección de gas bajo presión en fase gaseosa 20 en la parte superior del depósito.

25 Las ventajas que presenta esta última forma de explotación son grandes: es posible en adelante suprimir todo el equipo mecánico en el fondo del depósito, dentro del líquido contenido por este último; se evita toda extracción en fase gaseosa y deja de existir el riesgo de concentración de impurezas o elementos más pesados de la fase líquida, y, por otra parte, se disminuye el grado de evaporación puesto que la temperatura de ebullición del líquido extraído puede ser superior a la temperatura del líquido inyectado.

30 En el caso particular del almacenaje de gas natural licua-

285197



do, es necesario realizar un almacenamiento subterráneo a una presión que sea lo más elevada posible. Esta presión no está prácticamente limitada más que por la resistencia de las gangas o "terrenos muertos" situados por encima de la caverna subterránea cavada en tierra para recibir el gas licuado a almacenar. El gas natural licuado proviene generalmente de barcos metaneros; antes de su inyección se encuentra, pues, a una temperatura próxima a su temperatura de ebullición a la presión atmosférica. En el curso de su permanencia en el depósito subterráneo, el gas natural licuado recibe cierta cantidad de calor que le es transmitida por los terrenos en los cuales se ha cavado el depósito. Resulta de aquí una elevación de la temperatura y de la presión del líquido y del gas almacenados. La evaporación que de ello resulta y que dá, para una instalación clásica, una salida gaseosa permanente a baja presión, se traduce en el caso de un depósito a alta presión en una elevación de la presión y de la temperatura.

La construcción, el primer llenado y la explotación de un depósito subterráneo de gas licuado a muy baja temperatura bajo presión plantean numerosos problemas.

El presente invento tiene esencialmente por objeto un depósito de almacenamiento, subterráneo, bajo presión, de gas licuado a muy baja temperatura, y se refiere principalmente a su procedimiento de construcción y de primer llenado.

En una solicitud depositada con esta misma fecha, bajo el título "Equipo de un depósito de almacenamiento subterráneo bajo presión de gas licuado a muy baja temperatura", la solicitante ha descrito el material puesto en práctica para realizar la explotación de un almacenamiento del mismo tipo que el que es objeto de la presente solicitud.

El presente invento tiene esencialmente por objeto un procedimiento de construcción de depósito de almacenamiento subterráneo



285197

5

lo menos de acceso a las citadas cámaras, aislado de estas últimas, - en período de explotación del depósito, por medios de obturación conocidos, y lleno de agua, de tal modo que el hielo formado en la base - de dicho pozo asegura la estanqueidad de los referidos medios de obtu-

10

Las paredes de las cámaras de almacenamiento citadas es-
tán recubiertas en toda o parte de su superficie de un revestimiento
aislante adecuado para limitar a un valor determinado las aportacio-
nes caloríficas del terreno al producto almacenado en el depósito, --
aplicándose eventualmente dicho revestimiento sobre una capa de cemen-
to o de hormigón.

15

En el curso de la descripción que sigue irán apareciendo
otras características del invento.

En los planos adjuntos, que se presentan únicamente a tí-
tulo de ejemplo:

20

- la figura 1 muestra esquemáticamente en corte vertical un depósito de almacenamiento subterráneo conforme al invento;
- la figura 2 muestra esquemáticamente una perforación de explotación del almacenamiento representado en la figura 1;
- las figuras 3 a 5 muestran esquemáticamente, en sección, siguiendo un plano horizontal, la organización de las diversas cámaras que constituyen un almacenamiento subterráneo según el invento.

25

Para realizar un almacenamiento subterráneo de gas licua-
do a baja temperatura conforme al invento, se empieza por colocar en
el lugar correspondiente los tubos de la perforación, que descenderán
hasta la profundidad que se haya determinado para establecer las cáma-
ras subterráneas de almacenaje. Las perforaciones, que se describirán
más lejos, comprenden una cubierta o entibado cilíndrico externo soli-
dizado de manera estanca con los terrenos atravesados, por cimenta-
ción realizada mediante una lechada de cemento aplicada en el lugar,

30



285197

por ejemplo por circulación directa.

Una vez ejecutadas las perforaciones tubulares mencionadas, se practica un pozo vertical hasta una profundidad ligeramente superior a aquella a la cual deben cavarse las cámaras de almacenaje. Se obtiene así en el fondo del pozo un sumidero donde puede recogerse el agua que provenga de las capas acuíferas atravesadas. Las paredes del pozo están generalmente recubiertas de una capa de hormigón estanco.

A partir de la base del pozo, lateralmente con relación a este último, se horadan las galerías o cámaras de almacenamiento siguiendo un procedimiento conocido. Se realizan estas galerías, de preferencia, en un terreno impermeable, a fin de evitar toda afluencia de agua durante los trabajos y al principio de la puesta en servicio del depósito. Se escoge, por ejemplo, para establecer una red de galerías, margas arcillosas, cubiertas de un techo calcáreo gresoso, con profundidad de unos cincuenta metros.

Se han representado esquemáticamente en sección, siguiendo un plano horizontal, en las figuras 3, 4 y 5, disposiciones que pueden presentar las galerías cavadas a partir de un pozo de acceso o varios. La figura 3 representa una disposición de cámaras denominada en pías de peine. La figura 4 muestra una disposición en cuadrícula o nido de abejas. La figura 5 muestra una disposición radial.

Es evidente que la determinación de la forma de la cavidad así como la de la implantación de las perforaciones serán dictadas por las condiciones de explotación previstas para el depósito. La sección de las galerías y su sostenimiento quedarán determinadas en función de la naturaleza de los terrenos, de modo que se obtenga el máximo volumen útil al mínimo precio de coste. La disposición y la orientación de las diversas cámaras entre sí deberán ser tales que el calor aportado por los terrenos permita una explotación correcta del depósito realizado, tanto si el depósito está dividido en compartimientos como



235107

5 si sus diversas cámaras están en enlace permanente entre sí. Es preciso hacer observar, en efecto, que en las diferentes disposiciones - representadas, las galerías exteriores suben en presión más rápidamente que las otras dado que son las que reciben las aportaciones caloríficas más importantes de los terrenos circundantes. En el curso de - la construcción del depósito podrán establecerse cálculos sobre diversos parámetros para regular la aportación de calor de los terrenos, a saber: las dimensiones y la separación de las galerías de almacenaje, la colocación de un aislante sobre las paredes de las galerías, si - 10 las aportaciones caloríficas son demasiado importantes para las necesidades de la explotación, y la aplicación de placas metálicas verticales que facilitarán los intercambios térmicos y evitarán la estratificación de las capas líquidas en el depósito.

15 Según sea la naturaleza del terreno en el cual hayan sido horadadas las cámaras de almacenaje, se aplica un revestimiento de hormigón o de cemento o bien se deja la roca al desnudo. Después de secar las paredes de la cavidad, hayan sido o no recubiertas de hormigón o de cemento, se construyen una o varias uniones por cualquier medio de obturación clásica en el lugar donde las galerías desembocan - 20 en el pozo vertical de acceso. Se dispone, naturalmente, un orificio suficiente para el paso del personal, o cualquier otro medio de acceso que será fácil de hacer estanco, en la obturación u obturaciones así establecidas. Se procede entonces al secado de las galerías de almacenamiento ventilándolas durante cierto tiempo con aire que pasea una 25 humedad relativa débil y se regula este secado midiendo la temperatura y el grado higrométrico del aire a la entrada y a la salida del depósito. Si la explotación del depósito hace necesaria la colocación de un aislante, espuma de materia plástica, hormigón de perlita u - - otro, se aplica este aislante después de un primer secado y se procede a una nueva ventilación para realizar un secado perfecto de las pa 30



redes recubiertas de aislante.

5 Cuando el secado de la cavidad es suficiente, se cierra -
la boca de paso o bocas de paso abiertas en la obturación u obturacio
nes y se limpia el depósito por circulación de nitrógeno seco efectua
da por las perforaciones de explotación. Se mantiene, al terminar la
limpieza, una ligera sobrepresión en la cavidad, de modo que se evite
toda entrada de aire o de gas húmedo en las cámaras de almacenamiento.

10 El pozo o pozos de acceso se limpian a continuación por -
medio de gas carbónico, depositado en el fondo de estos últimos en --
forma de nieve carbónica. Para evitar toda difusión entre el gas car
bónico y el aire de la atmósfera, se cierra la superficie del pozo de
acceso por medio de un piso dispuesto en dicho pozo. Se procede en--
tonces a la verificación de la estanqueidad de las perforaciones de -
explotación y se comienza la inyección de gas licuado a baja tempera
15 tura, al tiempo que se mantiene cierta sobrepresión en las cámaras de
almacenamiento.

20 Para conseguir la estanqueidad de la unión o uniones es--
tablecidas entre el pozo o pozos y las cámaras de almacenamiento, se
llenan progresivamente de agua el pozo o los pozos cuando la tempera
tura está próxima a los 0°C en la proximidad de las paredes del cita
do pozo o de los citados pozos, realizándose así tapones de hielo que
garantizan una estanqueidad perfecta de los pasos entre pozos y cáma
ras.

25 Se prosigue el llenado del pozo con agua al mismo tiempo
que se continúa llenando las cámaras de almacenamiento con gas licua
do. Se equilibran así las presiones ejercidas a un lado y al otro de
la obturación, lo cual es muy ventajoso desde el punto de vista equi
librio de presiones, dado que el depósito ha de explotarse a una pre
sión próxima a la presión hidrostática correspondiente a la profundi
30 dad del depósito (por "sifón"). Se evita igualmente que una parte de



35107

la obra subterránea quede sin ningún escape posible, es decir, sujeta a acumulaciones de gas natural explosivo y que sería forzoso regular.

Se ha previsto, desde luego, la instalación de bombas y de medios de calentamiento, propios para realizar la fusión del hielo en el interior del pozo. En efecto, si es necesario tener acceso al depósito después de cierto tiempo de explotación, este acceso será — facilitado por fusión rápida del hielo mediante una fuente de calor — auxiliar cualquiera (vapor, agua caliente, electricidad, etc...), eliminándose el agua producida por la fusión del hielo, progresivamente, por las bombas sumergidas en el pozo, por ejemplo por encima del tapón de hielo.

Puede comprenderse que al proceder de este modo para realizar la puesta en servicio de las cámaras de almacenaje, se obtendrá una estanqueidad completa de la cavidad y de sus salidas, se mantendrá una buena conservación del aislante dispuesto sobre las paredes de la cavidad y se evitará toda congelación en los aparatos y dispositivos colocados en la cavidad de almacenamiento.

Se ha representado en la figura 1 un depósito de almacenamiento subterráneo bajo presión de gas licuado a muy baja temperatura realizado según el procedimiento que acaba de ser descrito. Este depósito comprende una o varias cámaras subterráneas 10, cavadas en tierra a algunas decenas de metros de profundidad. Se ha designado — por 11 el techo de una de las cámaras 10, por 12 su fondo, y por 13 — el nivel de separación entre el gas licuado en estado líquido y su fase gaseosa. La cámara 10 se ha horadado a partir de un pozo vertical 14 de algunas decenas de metros de profundidad, a partir del nivel del suelo representado en 15. El acceso entre el pozo vertical 14 y la cámara 10 está cerrado por una obturación 16 realizada en hormigón, o por cualquier otro medio de cierre, que comprende, de preferencia, un orificio estanco para permitir el paso de un hombre. En el curso de



285197

la explotación, el gas licuado a muy baja temperatura, contenido en la cámara 10, enfría la proximidad de las paredes de dicha cámara y, particularmente, la base del pozo 14. Habiéndose llenado este último pozo 14 de agua, en el curso de la operación de llenado, como se ha visto más arriba, se encontrará presente en la base del pozo, en 17, una masa de hielo, la cual asegurará una perfecta estanqueidad de la unión entre la cámara 10 y el pozo 14. La parte superior del pozo, por encima del tapón de hielo 17 está llena de agua, hasta el nivel 18, y se evita así toda acumulación de gas explosivo en el caso de que se utilice el depósito para contener gas natural, que se compone principalmente de metano. El agua contenida en el pozo 14 proviene de los niveles acuíferos que se han representado esquemáticamente en 20 y 21 pero es posible evidentemente completar el llenado del pozo 14 a partir de otras fuentes. Se ha representado en 22, muy esquemáticamente, un emplazamiento donde es posible instalar dispositivos que comprendan medios propios para provocar la fusión del hielo y medios de bombeado del agua así deshelada en el caso de que se quiera penetrar en el depósito después de su completo vaciado y de la limpieza de toda traza de gas. En efecto, de no prever tales medios, serían necesarios muchos días antes de obtener el deshielo del tapón de hielo presente en la base del pozo y la duración de indisponibilidad de la instalación se vería gravemente aumentada.

Se ha representado en la figura 1, y más en detalle en la figura 2, una de las perforaciones 30 que permite el enlace con la superficie 15, de las cámaras 10 del depósito de almacenamiento subterráneo.

La perforación 30 está constituida esencialmente por tres tubos concéntricos, a saber: un tubo externo que constituye una cubierta o entibado externo 31, cimentado en tierra entre la superficie 15 y la cámara 10; un tubo exterior 32 que desciende hasta el nivel del



283197

5 techo 11 de la cámara 10, y dispuesto coaxialmente en el tubo externo
31 que forma la cubierta; un tubo interno 33 dispuesto coaxialmente -
en relación con los tubos 31 y 32, y que desciende del nivel del sue-
lo 15 hasta el fondo 12 de la cámara 10. Como se ve más claramente en
10 la figura 2, los tubos 31, 32, 33 están suspendidos al nivel del sue-
lo 15 a un conjunto que constituye una cabeza de pozo, de tal manera
que, como quiera que los diversos tubos coaxiales están conveniente-
mente espaciados entre sí por medio de centradores en material aislan-
te desde el punto de vista térmico, se evitan así todos los problemas
de dilataciones relativas de los tubos en curso de explotación. Se -
utiliza el tubo central 33 para la inyección y extracción de líquido -
en la cavidad 10. El espacio comprendido entre el tubo central 33 y
15 el tubo intermedio 32 se utiliza ya sea para la inyección, ya para la
extracción del gas que se encuentra por encima de la superficie 13, -
de manera que se obtenga un equilibrio de presión dentro del depósito
o bien también para tránsitos de líquido cuando se quiere, por ejemplo
hacer realizar una circulación al líquido en el depósito. El espacio
comprendido entre el tubo exterior 32 y la cubierta 31 tiene como fi-
20 nalidad limitar los intercambios de calor con el terreno y evitar que
la cubierta cimentada 31 sea sometida a cargas importantes debidas a
variaciones de temperatura exagerada. Para mejorar aún más la protec-
ción de la cubierta 31, se ha previsto en la superficie exterior del -
tubo exterior 32 un revestimiento 34 de espuma aislante (poliuretano,
por ejemplo). Los tubos interno y externo 33 y 32 estarán de preferen-
25 cia realizados en una aleación resistente a las bajas temperaturas, -
mientras que la cubierta externa 31 podrá estar realizada en acero or-
dinario, siendo posible la elección de este material gracias a las -
pantallas de protección así realizadas. El tubo central 33 desemboca
por su base en el fondo 13 del depósito 10, dentro de un sumidero 35
30 de dos pisos, estando destinado el piso inferior de este sumidero a -



285197

recibir los cuerpos extraños sólidos que pudieran ser arrastrados por el líquido extraído. La limpieza del sumidero 35 se realizará, por ejemplo, por medio de un dispositivo descendido por cable, a través de un tamiz apropiado.

5 Se han representado esquemáticamente en la figura 2 los enlaces entre la cúspide del tubo 33 (válvula 36) y dos salidas 41 y 42, respectivamente, por las válvulas 43 y 44. En el caso de una instalación de almacenaje de gas natural licuado, se unirá así la salida 41 a un barco metanero y la salida 42 a las instalaciones de utilización, puesto de regasificación o de bombeo, u otras instalaciones de gas en las que se utilice el gas natural en forma líquida.

10 Al espacio intermedio comprendido entre el tubo central 33 y el tubo exterior 32, van conectadas dos válvulas 51 y 52. La válvula 51 permite el enlace en 53, a una red de transporte de gas natural en estado gaseoso, con o sin interposición de un descompresor, y, por consiguiente, una introducción de gas bajo presión en el depósito. El enlace 54, que va a desembocar en la válvula 52 conduce generalmente a una instalación de regasificación del tipo de la descrita en la solicitud de patente citada depositada en este mismo día por la solicitante. Se ha representado en 60 una válvula que permite el acceso a un espacio intermedio entre la cubierta externa 31 y el tubo exterior 32, a fines de limpieza de este espacio, por ejemplo, o para cualquier otra utilización en el curso de la explotación normal o de la puesta en servicio de la instalación.

25 Dado que, para realizar la explotación del depósito bajo presión es preciso realizar una igualación de las cantidades de calor correspondientes al calor sensible absorbido por el gas natural líquido que se calienta desde su temperatura de ebullición bajo la presión atmosférica hasta una temperatura superior correspondiente a la presión imperante en el depósito, por una parte, y el calor aportado por los

30



285197

terrenos al flúido situado en este depósito, por otra parte, conviene
pues, efectuar esta regulación con cuidado. Esta es la razón por la
que se ha previsto como equipo anexo en las cámaras de almacenaje, -
cierto número de dispositivos tales como sondas de temperatura, en -
5 diversos puntos de las paredes, y en la roca vecina, a cierta distan-
cia de estas paredes; medidores de presión aplicados contra las pare-
des y destinados a regular su comportamiento cuando el depósito está
en servicio bajo presión, etc. ...

Quede bien entendido que el invento no se limita en modo
10 alguno a la modalidad de ejecución descrita y representada, que no se
ha dado sino a título de ejemplo; se concebirá, en efecto, que no de-
be considerarse, particularmente, limitado el invento al caso del al-
macenamiento de gas natural licuado que se ha descrito, ni a las for-
mas de cavidades que se han representado en los planos adjuntos.

15 REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de construcción y de primer llenado
de un depósito de almacenamiento subterráneo de gas licuado a muy ba-
ja temperatura, que se distingue particularmente por las caracterís-
ticas siguientes: a) de preferencia, después de haber implantado los
20 tubos de las perforaciones de explotación hasta la profundidad donde
deben encontrarse las cámaras de almacenamiento, se horadan estas úl-
timas, lateralmente, por ejemplo, a partir de por lo menos un pozo o
una galería de acceso, de modo tal que dichos tubos desemboquen co-
rrectamente en las mencionadas cámaras; se obstruye, por un medio co-
nocado el acceso o los accesos previstos entre dicho pozo de acceso
25 y las citadas cámaras después de realizados los trabajos de excava-
ción, y eventualmente de revestimiento, y más tarde de secado en es-
tas últimas y se efectúa el primer llenado en gas licuado a muy baja
temperatura de las cámaras a partir de las mencionadas perforaciones,
30 procediendo simultáneamente a la anegación del pozo de acceso por —



285197

5

10

15

20

25

30

medio de un líquido, que puede ser agua, asegurando dicho líquido, al congelarse, la estanqueidad de los medios de obturación existentes entre el pozo y las cámaras; b) después del eventual revestimiento de cemento o de hormigón y/o de aislante térmico de las paredes del depósito de almacenamiento, se procede al secado, por aire seco, de este último; después se limpia el mismo con nitrógeno seco; a continuación de lo cual, y después de obturación de los accesos hacia el pozo indicado, se efectúa una limpieza con anhídrido carbónico bajo presión, del pozo en cuestión, y se inicia, sensiblemente de un modo simultáneo, el llenado en gas licuado del depósito y en agua del indicado pozo de acceso.

2. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: "UN PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION Y DE PRIMER LLENADO DE UN DEPOSITO DE ALMACENAMIENTO SUBTERRANEO DE GAS LICUADO A MUY BAJA TEMPERATURA".

Todo tal y como se describe y reivindica en la presente memoria que consta de catorce páginas escritas a máquina y dibujos que se acompañan.

Madrid, 29 de Mayo de 1.963

ALFONSO UNGRIA.

P. P.

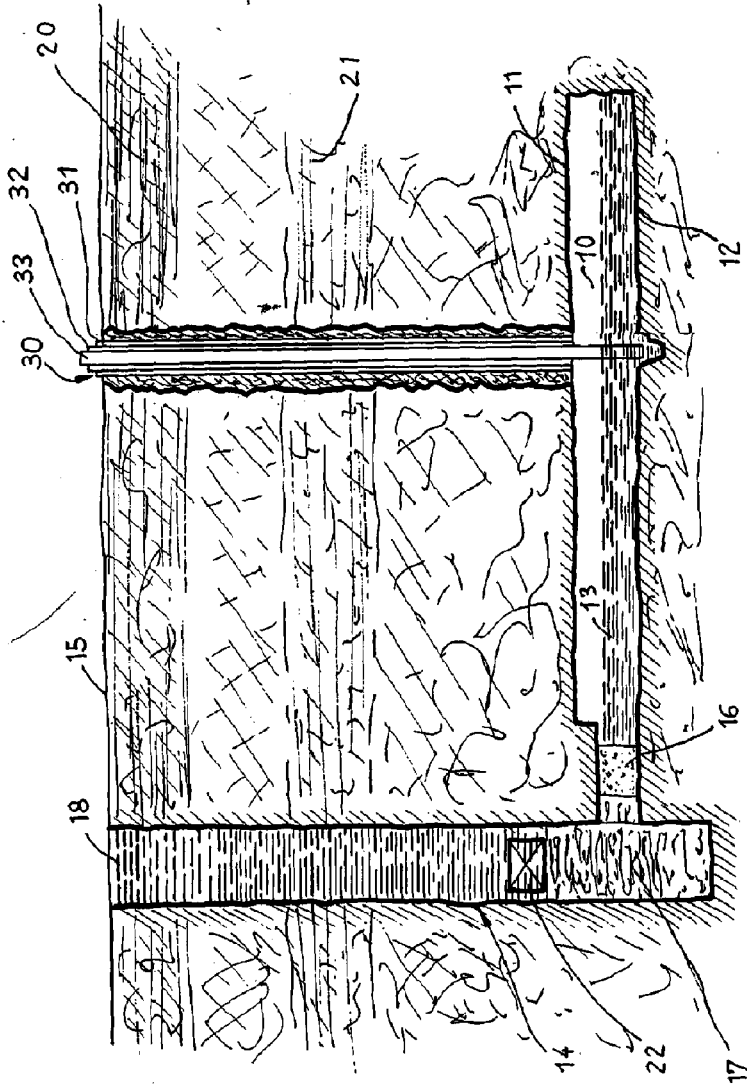


Fig-1

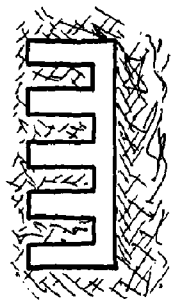


Fig-3

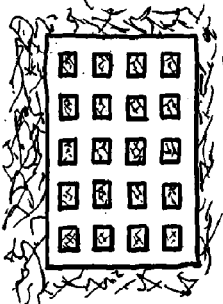


Fig-4

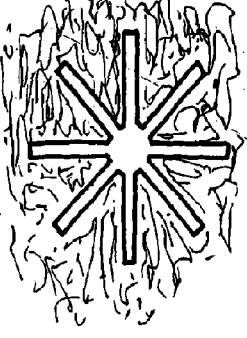


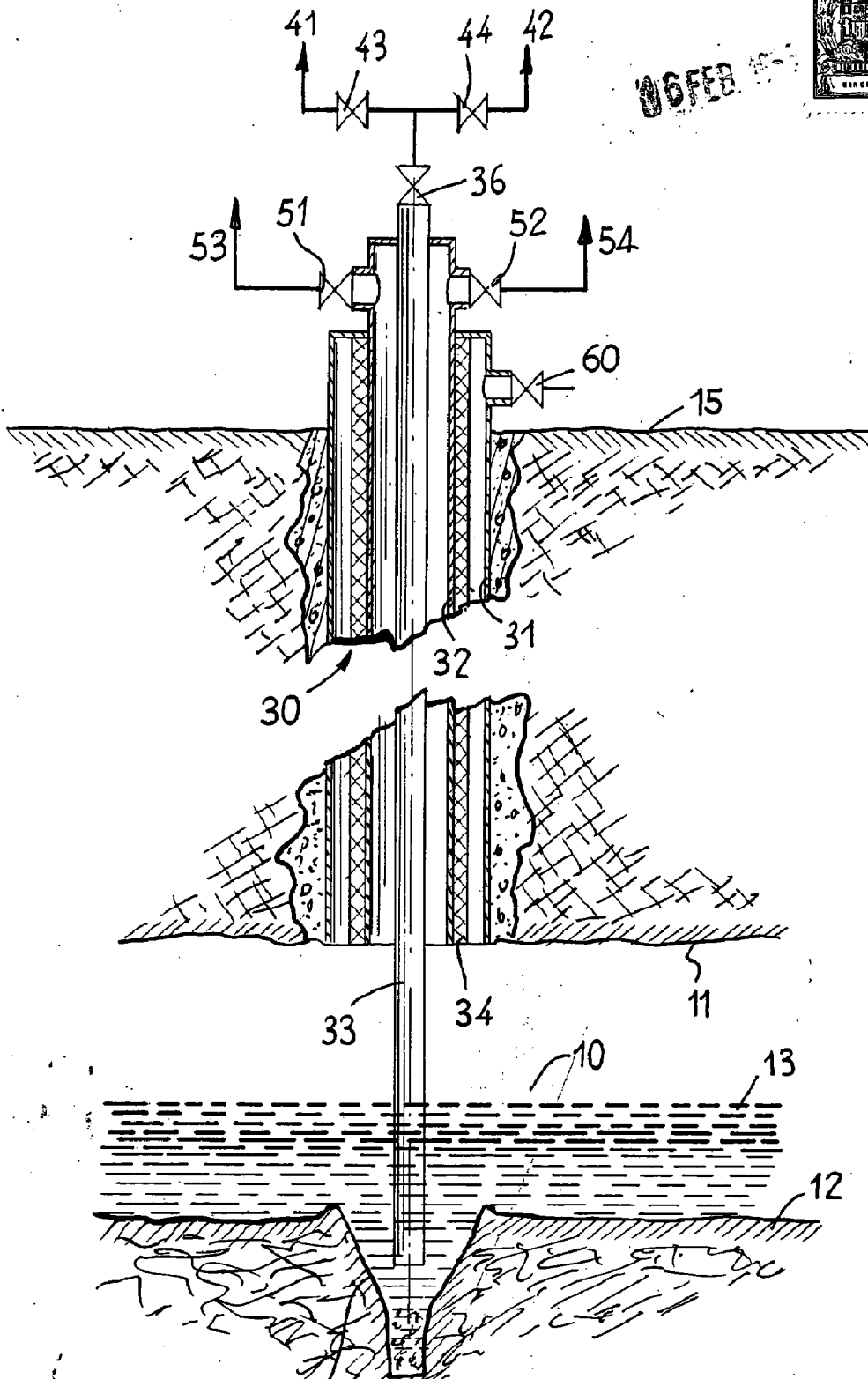
Fig-5

ESCALA VARIABLE
de 16 de Febrero
de 1963
ALFONSO UNGER
P.P.





06 FEB 1963



ESCALA VARIABLE

Madrid, 16 de Febrero de 1963

ALFONSO UNGRIA

P.P.

Fig-2