

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 229**

51 Int. Cl.:

E21B 17/01	(2006.01)
E21B 17/08	(2006.01)
E21B 36/00	(2006.01)
E21B 41/00	(2006.01)
E21B 43/01	(2006.01)
E21B 43/013	(2006.01)
B63B 22/02	(2006.01)
E21B 37/00	(2006.01)
B63B 21/50	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2022 PCT/EP2022/058326**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2022 WO22207666**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2022 E 22719823 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2024 EP 4298311**

54 Título: **Sistema de inyección de fluidos y métodos relacionados**

30 Prioridad:

29.03.2021 EP 21165680

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

10.12.2024

73 Titular/es:

**HORISONT ENERGI AS (100.0%)
Grenseveien 21
4313 Sandnes, NO**

72 Inventor/es:

**BRATTEBØ, STÅLE y
HAUKELIDSÆTER EIDEN, BJØRGULF**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 992 229 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de inyección de fluidos y métodos relacionados

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere en general a estrategias para reducir la cantidad de componentes gaseosos nocivos para el medio ambiente en la atmósfera. Especialmente, la invención se refiere a un sistema de inyección de fluidos para inyectar fluido desde un buque en una superficie de agua hacia un vacío subterráneo debajo de un lecho marino a través de una plantilla submarina en el lecho marino. Por tanto, los fluidos nocivos para el medio ambiente pueden almacenarse a largo plazo en el vacío subterráneo. La invención también se refiere a diversos métodos para instalar y dar servicio al sistema de inyección de fluidos propuesto.

15 ESTADO DE LA TÉCNICA

El dióxido de carbono es un gas que atrapa el calor importante, un denominado gas de efecto invernadero, que se libera a través de ciertas actividades humanas, tales como la deforestación y la quema de combustibles fósiles. Sin embargo, también los procesos naturales, tales como la respiración y las erupciones volcánicas generan dióxido de carbono.

20 Hoy en día, el rápido aumento de la concentración de dióxido de carbono, CO₂, en la atmósfera de la Tierra es un problema que no puede ignorarse. En los últimos 20 años, la concentración media de dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado un 11 por ciento; y desde el comienzo de la era industrial, el aumento es del 47 por ciento. Esto es más de lo que se había producido de modo natural durante un período de 20.000 años, desde el Último Máximo Glacial hasta 1850.

Existen diversas tecnologías para reducir la cantidad de dióxido de carbono producido por las actividades humanas, tales como la producción de energía renovable. También existen soluciones técnicas para capturar dióxido de carbono de la atmósfera y almacenarlo a largo plazo/de forma permanente en depósitos subterráneos.

30 Por razones prácticas, la mayoría de estos depósitos están ubicados bajo áreas continentales, por ejemplo en los EE.UU. y en Argelia, donde estaba ubicado el CCS de In Salah (sistema de captura y almacenamiento de dióxido de carbono, del inglés *carbon dioxide capture and storage system*). Sin embargo, también hay algunos ejemplos de sitios de inyección en alta mar, representados por los sitios Sleipner y Snøhvit en el Mar del Norte. En el sitio de Sleipner, se inyecta CO₂ desde una plataforma fija interior. En el sitio de Snøhvit, el CO₂ de la producción de LNG (gas natural licuado, del inglés *Liquefied Natural Gas*) se transporta a través de una tubería de 8 pulgadas y 153 km de longitud en el lecho marino y se inyecta desde una plantilla submarina dentro del subsuelo debajo de una zona de depósito que porta agua, como se describe, entre otros, en Shi, J-Q, et al., "Snøhvit CO₂ storage project: Assessment of CO₂ injection performance through history matching of the injection well pressure over a 32-months period" (Proyecto de almacenamiento de CO₂ de Snøhvit: evaluación del rendimiento de inyección de CO₂ a través de la comparación histórica de la presión del pozo de inyección durante un periodo de 32 meses), Energy Procedia 37 (2013) 3267 - 3274. El artículo, Eiken, O., et al., "Lessons Learned from 14 years of CCS Operations: Sleipner, In Salah and Snøhvit" (Lecciones aprendidas de 14 años de Operaciones de CSS: Sleipner, In Salah y Snøhvit), Energy Procedia 4 (2011) 5541-5548 ofrece una visión general de la experiencia adquirida en tres sitios de inyección de CO₂: Sleipner (14 años de inyección), In Salah (6 años de inyección) y Snøhvit (2 años de inyección).

50 El sitio de Snøhvit se caracteriza por tener los servicios para los pozos submarinos de CO₂ y las plantillas en tierra. Esto significa que, por ejemplo, los productos químicos, el fluido hidráulico, la fuente de energía y todos los controles y sistemas de seguridad están ubicados lejos del lugar donde se inyecta el CO₂. Esto puede resultar conveniente de muchas maneras. Sin embargo, los servicios y la energía deben ser transportados a la ubicación del lecho marino a través de largas tuberías y cables de alta tensión, respectivamente. Las comunicaciones para los sistemas de control y seguridad se proporcionan a través de un cable de fibra óptica. El gas de CO₂ se presuriza en tierra y se transporta a través de una tubería directamente a la boca de un pozo en una plantilla submarina en el lecho marino, y después se alimenta más abajo del pozo al interior del depósito. Esto hace que el diseño del sistema sea muy flexible puesto que es muy costoso reubicar el punto de inyección si el sitio original falla por alguna razón. De hecho, esto es lo que sucedió en el sitio de Snøhvit, donde se produjo una acumulación inesperada de presión y fue necesario construir un nuevo pozo.

60 Como alternativa al control remoto implementado en el proyecto de Snøhvit, la técnica anterior enseña que el CO₂ puede transportarse a un sitio de inyección por medio de barcos de superficie en forma de los denominados buques de tipo C, que son buques semirrefrigerados. Los buques de tipo C también pueden utilizarse para transportar gas licuado de petróleo, amoníaco y otros productos.

65 En un buque de tipo C, la presión varía de 5 a 18 Barg. Debido a las limitaciones en el diseño de los tanques, los volúmenes de los tanques son generalmente más pequeños que para los niveles de presión más altos. Los tanques utilizados tienen una temperatura fría tan baja como -55 grados centígrados. Las cantidades más pequeñas de CO₂

que normalmente se transportan hoy en día se mantienen a entre 15 y 18 Barg y entre -22 y -28 grados centígrados. Pueden transportarse volúmenes más grandes de CO₂ en barco en las siguientes condiciones: de 6 a 7 Barg y -50 grados centígrados, lo que permite la utilización de los buques de tipo C más grandes. Véase, por ejemplo, Haugen, H. A., et al., "13th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT- 13, 14-18 - noviembre de 2016, Lausana, Suiza: Commercial capture and transport of CO₂ from production of ammonia (Captura comercial y transporte de CO₂ de la producción de amoniaco)", Energy Procedia 114 (2017) 6133 - 6140.

En las implementaciones existentes, generalmente se entiende que un sitio de inyección en alta mar independiente requiere una instalación flotante o una instalación marina fijada en el fondo. Dichas instalaciones proporcionan servicios, energía y sistemas de control directamente a las plataformas de la boca del pozo o a las instalaciones de boca de pozo submarinas. Sin embargo, no es inusual proporcionar energía desde la costa a través de cables CA de alta tensión.

Como se ilustra a continuación, la técnica anterior muestra diversas soluciones para interconectar unidades submarinas para permitir el transporte de fluido entre estas unidades.

La Patente US 9.631.438 muestra un conector para conectar componentes de un sistema de conducto submarino que se extiende entre la boca de un pozo y una estructura de superficie, por ejemplo, un sistema elevador. Se proporcionan componentes macho y hembra, y un dispositivo de cierre para enganchar juntos de forma resellable los componentes macho y hembra cuando se acoplan los dos. Los componentes macho y hembra incorporan un dispositivo de sellado principal para sellar juntos los componentes macho y hembra para contener los fluidos del pozo de alta presión que pasan entre ellos cuando los componentes macho y hembra están acoplados. El dispositivo de cierre también incorpora un segundo dispositivo de sellado configurado para contener fluidos cuando los componentes macho y hembra están desacoplados, por lo que durante la desconexión, queda contenido cualquier fluido que escape del conducto interior.

La Patente US 9.784.044 desvela un conector para tubo ascendente con un collar de bloqueo externo. Aquí, un collar de bloqueo coopera con una brida macho de un elemento conector macho y una brida hembra de un elemento conector hembra por medio de una serie de espigas. También se desvela un tubo ascendente que incluye varias secciones ensambladas mediante un conector.

La Patente US 2011/0017465 enseña un sistema elevador que incluye: al menos un tubo ascendente para extenderse desde una infraestructura en un lecho marino y teniendo cada tubo ascendente una terminación de tubo ascendente; un soporte de extremo restringido por encima y con respecto al lecho marino y que tiene medios de fijación para acoplar cada terminación de tubo ascendente para el almacenamiento y desacoplar cada terminación de tubo ascendente para acoplarla a un buque flotante; y un soporte intermedio que sostiene una porción intermedia del tubo ascendente para definir una curva de catenaria entre el soporte intermedio y el dispositivo de terminación de tubo ascendente.

La Patente US 2014/318791 A1 enseña métodos y aparatos que pueden utilizarse para retirar un tapón que está presente dentro de una estructura submarina, tal como una tubería de un sistema de producción, un tubo ascendente, un equipo de pozo submarino o similares.

Por tanto, se conocen diferentes soluciones, que permiten que los buques creen conexiones fluidas con diversas unidades submarinas. Sin embargo, todavía no existe un medio eficiente, seguro y fiable de conectar los tubos ascendentes entre una boya de descarga y una plantilla en el lecho marino, de modo que los fluidos nocivos para el medio ambiente puedan descargarse desde un buque en la boya, y transportarse a través de los tubos ascendentes a la plantilla para su inyección en un depósito subterráneo debajo del lecho marino.

SUMARIO

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es ofrecer una solución que mitigue los problemas anteriores y ofrezca un sistema eficiente y fiable para inyectar fluidos ambientalmente dañinos para su almacenamiento a largo plazo en huecos subterráneos debajo del lecho marino.

Según un aspecto de la invención, el objetivo se consigue mediante un método para eliminar tapones de fluido obstructivos de una sección de base de a tubo ascendente, sección de base que se extiende entre un extremo receptor conectado a una sección vertical del tubo ascendente y un extremo emisor del tubo ascendente conectado a una plantilla submarina situada en un lecho marino, plantilla submarina que está conectada además a una boca de pozo para un orificio de perforación a un vacío subterráneo en el que debe inyectarse el fluido recibido a través del tubo ascendente desde la plantilla submarina.

El método implica:

- (A) calentar al menos un líquido auxiliar a una temperatura predeterminada, efectuándose el calentamiento en un buque;

- (B) enviar al menos un contenedor de transporte que contiene el al menos un líquido auxiliar calentado desde el buque a un contenedor de almacenamiento en la plantilla submarina;
- (C) inyectar el al menos un líquido auxiliar calentado desde el contenedor de almacenamiento en al menos un punto de inyección en la sección de base;
- 5 (D) inyectar, desde el buque al menos un líquido auxiliar calentado en la sección vertical del tubo ascendente; y
- (E) repetir las etapas (A) a (D) hasta que todos los tapones en el tubo ascendente se hayan derretido.

Este método es ventajoso puesto que proporciona la retirada eficiente de cualquier tapón de fluido obstructivo en la sección de base de un tubo ascendente.

10 Según una realización de este aspecto de la invención, la sección de base del tubo ascendente contiene una sección de punto bajo entre el extremo receptor y el extremo emisor. La sección de punto bajo constituye una parte geoméricamente más inferior de la sección de base, que tenderá a acumular cualquier componente indeseado en el flujo de fluido, por ejemplo hidratos de CO₂ formados en el mismo. La sección de base del tubo ascendente también

15 incluye un conector de contenedor configurado para recibir una boquilla de salida del contenedor de almacenamiento para el al menos un líquido auxiliar calentado. El conector de contenedor representa uno de al menos un punto de inyección en la sección de base y está dispuesto aguas arriba de la sección de punto bajo con relación a una dirección de un flujo de fluido en un árbol de válvulas de inyección para la boca de pozo. El método implica además

20 alimentar el al menos un líquido auxiliar calentado desde el contenedor de almacenamiento a través de la sección de punto bajo en el árbol de válvulas de inyección. De este modo, cualquier componente no deseado se eliminará del tubo ascendente de una manera sencilla y eficiente.

Según otra realización de este aspecto de la invención, la sección de base contiene un primer y un segundo sensor de temperatura. El primer sensor de temperatura está dispuesto aguas abajo del conector de contenedor y aguas

25 arriba de la sección de punto bajo con respecto a la dirección del flujo de fluido. El primer sensor de temperatura está configurado para registrar una primera señal de temperatura. El segundo sensor de temperatura está dispuesto aguas abajo de la sección de punto bajo con respecto a la dirección del flujo de fluido. El segundo sensor de temperatura está configurado para registrar una segunda señal de temperatura. El método implica además

30 determinar si hay un tapón de fluido en la sección de punto bajo basándose en cómo la segunda señal de temperatura varía a lo largo del tiempo en comparación con cómo la primera señal de temperatura varía a lo largo del tiempo como respuesta a alimentar el al menos un líquido auxiliar calentado desde el contenedor de almacenamiento a la sección de base. Por tanto, la existencia de componentes indeseados puede detectarse de manera fiable.

35 Preferiblemente, si se determina que hay un tapón de fluido en la sección de punto bajo, se reduce o detiene, al menos temporalmente, el caudal al cual se alimenta el al menos un líquido auxiliar calentado desde el contenedor de almacenamiento en la sección de base.

Según otro aspecto, que no forma parte de la presente invención, el objetivo se consigue mediante un método para

40 eliminar tapones de fluido obstructivos de una sección de base de a tubo ascendente, sección de base que se extiende entre un extremo receptor conectada a una sección vertical del tubo ascendente y un extremo emisor del tubo ascendente conectado a una plantilla submarina situada en un lecho marino, plantilla submarina que está conectada además a una boca de pozo para un orificio de perforación a un vacío subterráneo en el que debe

45 inyectarse el fluido recibido a través del tubo ascendente desde la plantilla submarina. La plantilla submarina contiene una unidad de calentamiento que está dispuesta para calentar al menos una porción de la sección de base. El método implica:

- controlar la unidad de calentamiento para calentar la al menos una porción de la sección de base a una temperatura predeterminada, y

50 - controlar la unidad de calentamiento para mantener un nivel de temperatura por encima o igual a la temperatura predeterminada en la al menos una sección de la sección de base durante un periodo de calentamiento.

Este método es ventajoso puesto que proporciona la retirada eficiente de cualquier tapón de fluido obstructivo en la

55 sección de base de un tubo ascendente.

Otras ventajas, características beneficiosas y aplicaciones de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción y las reivindicaciones dependientes.

60 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se explicará ahora con más detalle mediante realizaciones preferidas, que se describen a modo de ejemplos, y con referencia a los dibujos adjuntos.

65 La Figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema para el almacenamiento a largo plazo de fluidos en un vacío subterráneo según una realización de la invención;

- La Figura 2 muestra una boya configurada para conectar un buque a un tubo ascendente de transporte de fluidos según una realización de la invención;
- Las Figuras 3a-c ilustran cómo se conecta un tubo ascendente a una boya según una realización de la invención;
- 5 La Figura 4 ilustra esquemáticamente el interior de una plantilla submarina según una realización de la invención;
- La Figura 5 ilustra una disposición de conector para conectar el tubo ascendente a la boya según una realización de la invención;
- La Figure 6 ilustra, por medio de un diagrama de flujo, un método según una realización de la invención para conectar un tubo ascendente a una boya;
- 10 La Figura 7 ilustra, por medio de un diagrama de flujo, un método según una realización de la invención para conectar un tubo ascendente a una plantilla submarina;
- Las Figuras 8-9 ilustran, por medio de diagramas de flujo, métodos de acuerdo con la primera y segunda realizaciones de la invención para eliminar tapones de fluido obstructivos en un tubo ascendente; y
- 15 La Figura 10 ilustra esquemáticamente la sección de base del tubo ascendente según una realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20 En la Figura 1, vemos una ilustración esquemática de un sistema según una realización de la invención para su almacenamiento a largo plazo de fluidos, por ejemplo, dióxido de carbono, en un vacío subterráneo u otro espacio de alojamiento 150, que típicamente es un acuífero subterráneo. Sin embargo, según la invención, el vacío subterráneo 150 puede ser igualmente un depósito que contiene gas y/o petróleo, un depósito de gas y/o petróleo agotado, un depósito de almacenamiento/eliminación de dióxido de carbono, o una combinación de los mismos. Estos espacios de alojamiento subterráneo suelen estar ubicados en formaciones rocosas porosas o fracturadas, que pueden ser, por ejemplo, areniscas, carbonatos o lutitas fracturadas, rocas ígneas o metamórficas.

El sistema incluye al menos un sitio de inyección en alta mar 100, que está configurado para recibir fluido, por ejemplo, en una fase líquida, desde al menos un tanque de fluido 115 de un buque 110. El sitio de inyección en alta mar 100, a su vez, contiene una plantilla submarina 120 dispuesta sobre un lecho marino/fondo marino 130. La plantilla submarina 120 está ubicada en una boca de pozo para un orificio de perforación 140 hasta el vacío subterráneo 150. La plantilla submarina 140 también puede contener un sistema de servicios configurado para hacer que el fluido desde el buque 110 se inyecte en el vacío subterráneo 150 en respuesta a los comandos de control C_{cmd} . En otras palabras, el sistema de servicios no está ubicado en tierra, lo que resulta ventajoso por razones logísticas. Por ejemplo, por lo tanto, a diferencia del sitio de Snøhvit mencionado anteriormente, no hay necesidad de cables umbilicales ni ningún tipo de conducto similar para proporcionar suministros al sistema de servicios.

El sistema de servicios en la plantilla submarina 120 puede contener al menos un tanque de almacenamiento. El al menos un tanque de almacenamiento contiene al menos un líquido auxiliar, que está configurado para facilitar al menos una función asociada con la inyección de fluido en el vacío subterráneo 150. El al menos un líquido auxiliar contiene un líquido deshidratante y/o un líquido anticongelante.

En la Figura 1, un sitio de control, identificado genéricamente como 160, está adaptado para generar los comandos de control C_{cmd} para controlar el flujo de fluido desde el buque 110 y hacia el vacío subterráneo 150. Por ejemplo, los comandos de control C_{cmd} puede estar relacionado con la apertura y el cierre de las válvulas cuando el buque 110 se conecta a y se desconecta de la boya 170. El sitio de control 160 está ubicado en una ubicación separada geográficamente del sitio de inyección en alta mar 100, por ejemplo, en una sala de control en tierra. Sin embargo, adicionalmente o como alternativa, el sitio de control 160 puede estar ubicado en una ubicación en alta mar separada geográficamente del sitio de inyección en alta mar, por ejemplo en otro sitio de inyección en alta mar. En consecuencia, un solo sitio de control 160 puede controlar múltiples sitios de inyección en alta mar 100. También hay un amplio margen para variar qué sitio de control 160 controla qué sitio de inyección en alta mar 100. Por lo tanto, las comunicaciones y los controles se ubican lejos del sitio de inyección en alta mar 100. Sin embargo, como se analizará más adelante, el sitio de inyección en alta mar 100 puede alimentarse localmente, remotamente o de ambas maneras.

55 Para permitir el control remoto desde el sitio de control 160, la plantilla submarina 120 contiene preferiblemente una interfaz de comunicación 120c que está conectada comunicativamente al sitio de control 160. La plantilla submarina 120 también está configurada para recibir los comandos de control C_{cmd} a través de la interfaz de comunicaciones 120c.

60 Dependiendo del canal o canales utilizados para reenviar los comandos de control C_{cmd} entre el sitio de control 160 y el sitio de inyección en alta mar 100, la interfaz de comunicaciones 120c puede estar configurada para recibir los comandos de control C_{cmd} a través de una fibra óptica y/o cable de cobre sumergido 165, un enlace de radio terrestre (no mostrado) y/o un enlace satelital (no mostrado). En los dos últimos casos, la interfaz de comunicaciones 120c incluye al menos una antena dispuesta por encima de la superficie del agua 111.

65 Preferiblemente, la conexión comunicativa entre el sitio de control 160 y la plantilla submarina 120 es bidireccional,

de modo que, por ejemplo, los mensajes de reconocimiento Cack pueden ser devueltos al sitio de control 160 desde la plantilla submarina 120.

5 Según la invención, el sitio de inyección en alta mar 100 incluye una boya 170, por ejemplo, del tipo de carga de torreta sumergida (STL). Cuando está inactiva, la boya 170 puede sumergirse a una profundidad de 30 - 50 metros, y cuando el buque 110 se acerca al sitio de inyección en alta mar 100 para descargar fluido, la boya 170 y al menos un tubo ascendente de inyección 171 y 172 conectado a ella se elevan a la superficie del agua 111. Después de que el buque 110 se haya situado por encima de la boya 170, esta unidad está configurada para conectarse al buque 10 110 y recibir el fluido desde el tanque o tanques 115 de fluido del buque, por ejemplo, a través de un conjunto giratorio en la boya 170. La boya 170 está anclada preferiblemente al lecho marino 130 a través de una o más abrazaderas de retención 181, 182, 183 y 184, que permiten que la boya 170 se eleve y se baje en el agua.

15 Cada uno de los tubos ascendentes de inyección 171 y 172, respectivamente, está configurado para enviar el fluido desde la boya 170 a la plantilla submarina 120, que, a su vez, está configurada para pasar el fluido a través de la boca de pozo y el orificio de perforación 140 hasta el vacío subterráneo 150.

20 Según una realización de la invención, la plantilla submarina 120 contiene una interfaz de entrada de energía 120p, que está configurada para recibir energía eléctrica P_E para operar el sistema de servicios y/u operar diversas funciones en la boya 170. La interfaz de entrada de energía 120p también puede estar configurada para recibir la energía eléctrica P_E para ser utilizada en conexión con la operación de un pozo en la boca de pozo, un elemento de barrera de seguridad de la plantilla submarina 120 y/o un vehículo operado remotamente (ROV) estacionado en el lecho marino 130 en la plantilla submarina 120.

25 La Figura 1 ilustra una fuente de alimentación genérica 180, que está configurada para suministrar la energía eléctrica P_E a la interfaz de entrada de energía 120p. Generalmente, es ventajoso que la energía eléctrica P_E se suministre a través de un cable 185 desde la fuente de alimentación 180 en forma de corriente continua (CC) de baja potencia en el rango de 200 V - 1000 V, preferiblemente de aproximadamente 400 V. La fuente de alimentación 180 puede estar ubicada junto al sitio de inyección en alta mar 100, por ejemplo, como una turbina eólica, un panel solar y/o un convertidor de energía de las olas; y/o estar ubicado en un sitio en tierra y/o en otro sitio en alta mar separado geográficamente del sitio de inyección en alta mar 100. Por tanto, existe un buen potencial de flexibilidad y 30 redundancia con respecto al suministro de energía para el sitio de inyección en alta mar 100.

35 La plantilla submarina 120 contiene un sistema de válvulas que está configurado para controlar la inyección del fluido en el vacío subterráneo 150. El sistema de válvulas, como tal, puede ser operado por medios hidráulicos, medios eléctricos o una combinación de los mismos. La plantilla submarina 120 también incluye preferiblemente al menos una batería configurada para almacenar energía eléctrica para su uso por el sistema de válvulas como respaldo a la energía eléctrica P_E recibida directamente a través de la interfaz de entrada de energía 120p. Más precisamente, si el sistema de válvulas es operado hidráulicamente, la plantilla submarina 120 contiene una unidad de presión hidráulica (HPU) configurada para suministrar fluido hidráulico presurizado para la operación del sistema de válvulas. 40 Por ejemplo, la HPU puede suministrar el fluido hidráulico presurizado a través de un sistema de tuberías hidráulicas de pequeño tamaño. Aquí, la al menos una batería está configurada para almacenar energía eléctrica de respaldo para su uso por la unidad de potencia hidráulica y el sistema de válvulas.

45 Como alternativa o adicionalmente, las operaciones de la válvula también pueden operarse utilizando un sistema de cableado eléctrico y actuadores de válvula controlados eléctricamente. En tal caso, la plantilla submarina 120 contiene un sistema de cableado eléctrico configurado para operar el sistema de válvulas por medio de señales de control eléctricas. Aquí, la al menos una batería está configurada para almacenar energía eléctrica de respaldo para su uso por el sistema de cableado eléctrico y el sistema de válvulas.

50 En consecuencia, el sistema de válvulas también puede ser operado si hay un corte temporal en el suministro de energía eléctrica al sitio de inyección en alta mar. Esto, a su vez, aumenta la fiabilidad general del sistema.

55 La ubicación del sistema de servicios en la plantilla submarina 120 en combinación con el control remoto propuesto desde el sitio de control 160 evita la necesidad de instalaciones flotantes en alta mar, así como instalaciones marinas pertinentes en alta mar. La invención permite la inyección directa desde buques marítimos relativamente sencillos 110. Estos factores hacen el sistema según la invención sea muy rentable.

60 Según la invención, pueden conseguirse ahorros de costes adicionales al evitar la compleja legislación y regulaciones en alta mar. En concreto, una instalación permanentemente en alta mar que actúa como un centro de campo para el desarrollo de un yacimiento en alta mar está sujeta a la legislación y reglamentación de alta mar. Existen estrictos requisitos de seguridad relacionados especialmente con el control de pozos. Por ejemplo, en las costas de Noruega, se estipula que las instalaciones flotantes en alta mar, permanentes o temporales, que controlan las barreras de los pozos deben satisfacer el requisito de nivel 3 de posicionamiento dinámico (DP3). Esto implica 65 amplios requisitos para garantizar que el flotador permanezca en su posición también durante eventos extremos como incendios en la sala de máquinas, etc. Sin embargo, el buque 110 según la invención no necesita proporcionar ninguna utilidad, control de pozo o barrera, para el sistema de inyección. En consecuencia, el buque 110 podrá

operar bajo la legislación y reglamentación marítima, que normalmente son mucho menos restrictivas que la legislación y reglamentación en alta mar.

5 La Figura 2 muestra una boya 170 según una realización de la invención que está configurada para permitir que un buque, por ejemplo, 110 mostrado en la Figura 1, se conecte al tubo ascendente 171 de transporte de fluidos, que, a su vez, está conectado a la plantilla submarina 120 en conexión de fluido adicional con el vacío subterráneo 150.

10 Haciendo de nuevo referencia a la Figura 1, vemos un sistema de inyección de fluidos dispuesto para recibir fluido, por ejemplo, que contiene CO₂, desde el buque 110. El sistema de inyección de fluidos contiene la boya 170 configurada para conectarse con el buque 111 y recibir el fluido desde el mismo. El sistema también contiene la plantilla submarina 120, que está situada en el lecho marino 130 en la boca de pozo para el orificio de perforación 140 hasta el vacío subterráneo 150.

15 Además, el sistema incluye al menos un tubo ascendente, ilustrado aquí mediante 171 y 172, respectivamente, que interconectan la boya 170 y la plantilla submarina 120. Cada uno de los al menos un tubo ascendente 171 y 172 está configurado para transportar el fluido desde la boya 170 a la plantilla submarina 120. Específicamente, cada uno del al menos un tubo ascendente 171 y 172 está conectado de forma desmontable a una superficie inferior de la boya 170 por medio de una disposición de conector 210. La Figura 5 ilustra la disposición de conector 210 según una realización de la invención, cuya disposición de conector 210 está configurada para conectar el tubo ascendente 171 a la boya 170. Naturalmente, aunque no se ilustra en la Figura 2, cualquier tubo ascendente adicional unido a la boya 170 se conectará de forma análoga.

25 La disposición de conector 210 incluye un miembro guía de boya 510 configurado para dirigir automáticamente un miembro conector 570 hacia el miembro guía de boya 510 cuando el miembro conector 570 se mueve hacia el miembro guía de boya 510. El miembro conector 570 está fijado a un extremo delantero 300 del tubo ascendente 171 para conectarse a la boya 170. La disposición de conector 210 incluye además un miembro de acoplamiento 550, por ejemplo incorporado como los denominados dedos, configurado para unir una primera superficie de sellado S70 del miembro conector 570 a una segunda superficie de sellado S10 del miembro guía de boya 510 cuando dicho extremo de cabeza 300 se ha movido de manera que el miembro conector 570 entra en contacto con el miembro guía de boya 510. Adicionalmente, la disposición de conector 210 incluye un miembro de bloqueo 560 configurado para bloquear la primera y segunda superficies de sellado S70 y S10 entre sí cuando estas superficies están alineadas entre sí.

35 Preferiblemente, la disposición de conector 210 contiene un conector de pinza para cada tubo ascendente que se conectará a la boya 170. Además de los elementos mencionados anteriormente, el conector de pinza normalmente también incluye una junta de sellado 530, que está dispuesta entre la primera y segunda superficies de sellado S70 y S10 para reducir aún más el riesgo de fugas.

40 Las Figuras 3a, 3b y 3c ilustran cómo se conecta un tubo ascendente 171 a una boya 170 según una realización de la invención.

45 Aquí, el extremo de cabeza 300 del tubo ascendente 171 que va a conectarse contiene un miembro de tapón 317 que cubre la primera superficie de sellado S70. Por tanto, se evita que entre agua en el tubo ascendente 171 antes de que el tubo ascendente 171 se haya conectado a la boya 170. Además de eso, el extremo de cabeza 300 del tubo ascendente 171 que va a conectarse incluye preferiblemente un miembro con ojo de arrastre 305, que facilita la conexión de un cable al extremo de cabeza 300 y el tirón del tubo ascendente 171 hasta la boya 170 como se describe a continuación.

50 Como se ilustra en la Figura 3c, según una realización de la invención, el miembro de tapón 317 está configurado para rodear el tubo ascendente 171 para ser conectado a la boya 170. Después de que el miembro de tapón 317 se haya desconectado del extremo de cabeza 300 del tubo ascendente 171, el miembro de tapón 317 está configurado además para ser transportado por gravedad G hacia abajo a lo largo de dicho tubo ascendente 171 hacia la plantilla submarina 120.

55 Haciendo ahora referencia a la Figura 3a, según una realización de la invención, el sistema de inyección de fluidos contiene una unidad de cabrestante 330, que está dispuesta en el lecho marino 130. La unidad de cabrestante 330 está configurada para levantar el extremo de cabeza 300 del tubo ascendente 171 para conectarlo a la boya 170 a través de un cable de cabrestante 320 conectado entre el extremo de cabeza 300 del tubo ascendente 171 y la unidad de cabrestante 330. El cable 320 pasa a través de la boya 170 a la unidad de cabrestante 330. Preferiblemente, el cable de cabrestante 320 se conduce a través de la boya 170 y mediante al menos una rueda de polea 325 en la boya 170 como se ilustra en las Figuras 3a y 3b.

65 Preferiblemente, el sistema de inyección de fluidos incluye un ROV 350 que está configurado para ser controlado de forma remota para conectar el cable de cabrestante 320 al extremo de cabeza 300 del tubo ascendente 171. Además, preferiblemente, el ROV 350 está configurado para desconectar el miembro de tapón 317 de la primera superficie de sellado S70 del miembro conector 570 en el extremo de cabeza 300 del tubo ascendente 171; y,

posteriormente, conectar el tubo ascendente 171 a la boya 170.

Haciendo ahora referencia al diagrama de flujo de la Figura 6, describiremos ahora un método para conectar el tubo ascendente 171 a la boya 170 utilizando el ROV 350 según una realización de la invención.

5 En una primera etapa 610, el ROV 350 se controla para unir el cable de cabrestante 320 al extremo de cabeza 300 del tubo ascendente 171.

10 Después, en una etapa 620, el ROV 350 se controla para conducir el cable de cabrestante 320 a través de la boya 170 a la unidad de cabrestante 330 en el lecho marino 130 debajo de la boya 170.

Posteriormente, en una etapa 630, la unidad de cabrestante 330 se controla para levantar el extremo de cabeza 300 del tubo ascendente (171) hasta un lado inferior de la boya 170.

15 Finalmente, en una etapa 640 posterior, el ROV 350 se controla para conectar el extremo de cabeza 300 del tubo ascendente 171 a la disposición de conector 210 en la parte inferior de la boya 170.

20 La Figura 4 ilustra esquemáticamente el interior de una plantilla submarina 220 según una realización de la invención. Aquí, se muestra un tubo ascendente ejemplar 171, que tiene una sección de base 410 y una sección vertical 420. La sección vertical 420 constituye una parte más superior, que está conectada además a la boya 170. La sección de base 410 constituye una parte más inferior del tubo ascendente 171, que, en un extremo receptor 411, está conectado a la sección vertical 420; y en un extremo emisor 412, está conectado a la plantilla submarina 120.

25 Como se ilustra en la Figura 1, es deseable que cada uno de los tubos ascendentes 171 y 172 contenga una abrazadera de retención 17C, que está configurada para sujetar la sección de base 410 del tubo ascendente en una posición deseada a través de un tubo ascendente de retención 17R unido al lecho marino 130.

30 Según una realización de la invención, la plantilla submarina 120 contiene un árbol de válvulas de inyección 460, que está en conexión fluida con la boca de pozo 470 para el orificio de perforación 140. La plantilla submarina 120 también contiene un miembro de manguito 440 que tiene medios de penetración 441, por ejemplo, representados por una pieza de tubería que se extiende sustancialmente de forma ortogonal con respecto a una extensión del miembro de manguito 440, cuyo medio de penetración 441 está configurado para penetrar el tubo ascendente 171 en el extremo emisor 412 de la sección de base 410. Como resultado, cuando el extremo emisor 412 de la sección de base 410 se inserta en el miembro de manguito 440, los medios de penetración 441 crearán una abertura en el tubo ascendente 171. Esta abertura, a su vez, es conectable al árbol de válvulas de inyección 460.

35 Preferiblemente, un conector vertical que se extiende desde el medio de penetración 441 tiene una tolerancia relativamente grande para la desviación, por ejemplo permitiendo hasta 5-10 grados de desalineación. En concreto, esto permite una flexibilidad útil al instalar el tubo ascendente 171 en la plantilla submarina 120. Los presupuestos de tolerancia se estiman en función de la precisión de fabricación, ensamblaje e instalación, y de la flexibilidad en las tuberías y la aceptación de desalineaciones en los conectores utilizados.

40 Es preferible que el miembro de manguito 440 contenga, o esté asociado con, al menos un miembro de guía, lo que se ilustra mediante 432 en la Figura 4. El miembro guía 440 está conformado y dispuesto con respecto a los medios de penetración 441 para dirigir el extremo emisor 412 de la sección de base 410 hacia los medios de penetración 441 para permitir que el extremo emisor 412 de la sección de base 410 aterrice a una cierta velocidad y proporcione una alineación cada vez más fina con el medio de penetración 441. Por tanto, por ejemplo, el miembro guía 432 puede tener una forma general de embudo que converge hacia el medio de penetración 441. De este modo, el miembro guía 432 está configurado para dirigir el extremo emisor 412 de la sección de base 410 hacia el miembro de manguito cuando el extremo emisor 412 de la sección de base 410 se lleva hacia la plantilla submarina 120.

Haciendo ahora referencia al diagrama de flujo de la Figura 7, describiremos un método para conectar el tubo ascendente 171 a la plantilla submarina 120 según una realización de la invención utilizando el ROV 350.

55 En una primera etapa 710, el ROV 350 se controla para dirigir el extremo emisor 412 de la sección de base 410 del tubo ascendente 171 al miembro guía de plantilla 432 en la plantilla submarina 120.

60 A continuación, en una etapa 720, el ROV 350 se controla para alimentar el extremo emisor 412 de la sección de base 410 del tubo ascendente 171 al través del miembro guía de plantilla 432 al miembro de manguito 440, que tiene medios de penetración 441 configurados para penetrar en el tubo ascendente 171. En consecuencia, cuando el segundo extremo 412 de la sección de base 410 se alimenta en el miembro de manguito 440, se hace que el medio de penetración 441 penetre en el tubo ascendente 171 en el segundo extremo 412 y cree una abertura en el tubo ascendente 171.

65 Finalmente, en una etapa posterior 730, el ROV 350 se controla para conectar el miembro de manguito 440 al árbol de válvulas de inyección 460 en la plantilla submarina 120.

Según una realización de la invención, la plantilla submarina 120 contiene una tubería de puente 450 que tiene una forma general de U, que está configurada para establecer una conexión fluida entre la abertura en el tubo ascendente 171 y el árbol de válvulas de inyección 460. Una ventaja de que la tubería de puente 450 se exclusivamente un elemento de tubería es que puede hacerse lo suficientemente flexible para cumplir con los requisitos de tolerancia para realizar una conexión exitosa.

Sin embargo, la tubería de puente 450 también puede actuar como "puente de estrangulamiento de inyección". Esto significa que la tubería de puente 450 incluye una válvula de estrangulamiento e instrumentación para controlar la inyección del fluido. La tubería de puente 450 está diseñada con tales tolerancias de diseño que puede conectarse tanto al conector vertical que se extiende desde el medio de penetración 441 y el árbol de válvulas 460. Preferiblemente, esta conexión también incluye una válvula 445, por ejemplo, de tipo bola o compuerta, de modo que puede regularse la velocidad del flujo de fluido hacia el árbol de válvulas de inyección 460, y cerrarlo si es necesario. Es ventajoso que la válvula 445 esté configurada para ser operada por el ROV 350.

Es además preferible que la plantilla submarina 120 contenga al menos una unidad de calentamiento. En la Figura 4, se ilustra una unidad de calentamiento genérica 480, que está configurada para calentar el fluido recibido desde el tubo ascendente 171 antes de que el fluido se inyecte en el vacío subterráneo 150. Por tanto, por ejemplo, los tapones de fluido obstructivos pueden retirarse de la sección de base 410 del tubo ascendente 171 de una manera lineal.

Haciendo ahora referencia al diagrama de flujo de la Figura 9, describiremos dicho un método. Como se ha mencionado anteriormente, la sección de base 410 se extiende entre el extremo receptor 411 y el extremo emisor 412 del tubo ascendente 171, donde el extremo receptor 411 está conectado a la sección vertical 420 del tubo ascendente 171 y el extremo emisor 412 del tubo ascendente 171 está conectado a la plantilla submarina 120. La plantilla submarina 120 está conectada a además a la boca de pozo (470) para un orificio de perforación 140 hasta el vacío subterráneo 150 en el que debe inyectarse el fluido recibido a través del tubo ascendente 171 desde la plantilla submarina 120.

En una primera etapa 910, la unidad de calentamiento 480 se controla para calentar al menos una porción de la sección de base 410. Una etapa posterior 920 comprueba si la al menos una porción de la sección de base 410 ha alcanzado una temperatura predeterminada. En tal caso, sigue una etapa 930; y de lo contrario, el procedimiento vuelve a la etapa 910.

En la etapa 930, la unidad de calentamiento 480 se controla para mantener un nivel de temperatura por encima o igual a la temperatura predeterminada en la al menos una sección de la sección de base.

A continuación, una etapa comprueba si ha expirado un periodo de calentamiento. Si es así, el procedimiento termina; y de lo contrario, el procedimiento vuelve de nuevo a la etapa 930.

Haciendo de nuevo referencia a la Figura 4, según una realización de la invención, la plantilla submarina 120 contiene una interfaz de energía 120p que está configurada para recibir energía eléctrica P_E a través de una línea de energía eléctrica 185 en el lecho marino 130, por ejemplo, desde una fuente de alimentación 180 en alta mar. También es ventajoso si la plantilla submarina 120 contiene al menos una batería 490 configurada para proporcionar energía eléctrica a al menos una unidad en la plantilla submarina 120, por ejemplo, la unidad de calentamiento 480, la válvula 445 y/o el árbol de válvulas de inyección 460.

Naturalmente, es preferible que también la al menos una batería 490 esté configurada para cargarse mediante energía eléctrica P_E recibida a través de la interfaz de energía 120p.

Además de las tareas mencionadas anteriormente, el ROV 350 está configurado preferiblemente para ser controlado para efectuar al menos un procedimiento en conexión con el control de la válvula 445 en la plantilla submarina 120, el control de una o más válvulas en la boya 170 y/o la realización del mantenimiento del sistema de inyección de fluidos.

La Figura 8 ilustra, por medio de un diagrama de flujo, un método para eliminar tapones de fluido obstructivos en el tubo ascendente 171, que es una alternativa al método descrito anteriormente con referencia a la Figura 9.

En una primera etapa 810, al menos un líquido auxiliar se calienta a una temperatura predeterminada en el buque 110.

A continuación, en una etapa 820, al menos un contenedor que contiene el al menos un líquido auxiliar calentado se reenvía desde el buque 110 a un contenedor de almacenamiento en la plantilla submarina 120.

En una etapa posterior 830, el al menos un líquido auxiliar calentado se inyecta desde el contenedor de almacenamiento en al menos un punto de inyección en la sección de base 410 del tubo ascendente 171, y desde el

buque 110 en al menos un punto de inyección en la sección vertical 420 del tubo ascendente 171.

Después, en una etapa 840, se comprueba si los tapones en el tubo ascendente 171 se han fundido. Si es así, el procedimiento termina; y de lo contrario, el procedimiento vuelve de nuevo a la etapa 810.

5 Haciendo ahora referencia a la Figura 10, vemos una ilustración esquemática de la sección de base 410 del tubo ascendente 171 en la plantilla submarina 420 según una realización de la invención.

10 Aquí, la sección de base 410, que puede representarse mediante una tubería o un denominado carrete, tiene típicamente entre 60 y 100 metros de largo, tiene una sección de punto bajo 1030 entre el extremo receptor 411 y el extremo emisor 412. La sección de punto bajo 1030 constituye una parte geoméricamente más inferior de la sección de base 410. Por tanto, si el fluido que se alimenta a través del tubo ascendente 171 en el vacío subterráneo 150 contiene CO₂, cualquiera de los hidratos de CO₂ formados en el tubo ascendente 171 se acumularán en la sección de punto bajo 1030. Los hidratos de CO₂ pueden formarse en determinadas condiciones, por ejemplo, en combinaciones particulares de presión y temperatura, debido al contenido de agua en la composición de CO₂ y/o debido a las impurezas del mismo. Sin embargo, la concentración de la sección de hidratos de CO₂ de punto bajo 1030 facilita la disolución de estos componentes antes de que se transformen en tapones de fluido obstructivos en el tubo ascendente 171.

20 Según una realización de la invención, el contenedor mencionado anteriormente que contiene al menos un líquido auxiliar calentado se representa mediante un contenedor de almacenamiento 1040 con MEG calentado (monoetilenglicol) llevado a la plantilla submarina 120 desde el buque 110 por medio del ROV 350. Además, se proporciona un conector de contenedor 1047 en la sección de base 410. El conector de contenedor 1047 está configurado para recibir una boquilla de salida del contenedor de almacenamiento 1040 a fin de permitir que el al menos un líquido auxiliar calentado en el contenedor de almacenamiento 1040 se alimenta a la sección de base 410, por ejemplo, a través de una válvula 1045. Por tanto, el conector de contenedor 1047 representa uno de al menos un punto de inyección en la sección de base 410 a la que se ha hecho referencia anteriormente. El conector de contenedor 1047 está dispuesto aguas arriba de la sección de punto bajo 1030 con relación a una dirección F de un flujo de fluido en un árbol de válvulas de inyección 460 para la boca de pozo 470.

30 Además, el método implica específicamente alimentar el al menos un líquido auxiliar calentado desde el contenedor de almacenamiento 1040 a través de la sección de punto bajo 1030 en el árbol de válvulas de inyección 460. Preferiblemente, una bomba 1050 y/o una válvula 1055 se dispone entre el conector de contenedor 1047 y la sección de base 410, de modo que pueda controlarse un caudal de líquido auxiliar calentado que se alimenta a la sección de base 410; y si se necesita, apagarlo por completo.

40 Según otra realización de la invención, la sección de base 410 contiene un primer y un segundo sensor de temperatura 1010 y 1020, respectivamente. El primer sensor de temperatura 1010 se dispone aguas abajo del conector de contenedor 1047 y aguas arriba de la sección de punto bajo 1030 con respecto a la dirección F del flujo de fluido en la sección de base 410 del tubo ascendente 171. El primer sensor de temperatura 1010 está configurado para registrar una primera señal de temperatura T1. El segundo sensor de temperatura 1020 está dispuesto aguas abajo de la sección de punto bajo 1030 con respecto a la dirección F del flujo de fluido. El segundo sensor de temperatura 1020 está configurado para registrar una segunda señal de temperatura T2.

45 A través de la convección térmica a través de la pared de la tubería de la sección de base 410, puede rastrearse la presencia del flujo calentado de al menos un líquido auxiliar calentado desde el contenedor de almacenamiento 1040. La presencia o no de un tapón de fluido obstructivo 1035 en la sección de punto bajo 1030 puede detectarse estudiando la primera y la segunda señales de temperatura T1 y T2. Si no hay presente ningún tapón de obstrucción, la segunda señal de temperatura T2 seguirá a la primera señal de temperatura T1 relativamente de cerca con respecto a un comportamiento temporal y magnitud. Si, sin embargo, hay un tapón de fluido 1035 obstructivo en la sección de punto bajo 1030, la segunda señal de temperatura T2 será mucho menos similar a la primera señal de temperatura T1. Por lo tanto, el método implica preferiblemente determinar si hay un tapón de fluido 1035 en la sección de punto bajo 1030 basándose en cómo la segunda señal de temperatura T2 varía a lo largo del tiempo en comparación con cómo la primera señal de temperatura T1 varía a lo largo del tiempo como respuesta a alimentar el al menos un líquido auxiliar calentado desde el contenedor de almacenamiento 1040 a la sección de base 410 a través del conector de contenedor 1047.

60 Si se obstruye la sección de base 410 del tubo ascendente 171, existe el riesgo de que una sobrepresión provoque daños. En consecuencia, si se determina que hay un tapón de fluido 1035 en la sección de punto bajo 1030, el método implica además reducir, al menos temporalmente, un caudal al que al menos un líquido auxiliar calentado se alimenta desde el contenedor de almacenamiento 1040 a la sección de base 410 a través del conector de contenedor 1047. Por supuesto, esta reducción también puede incluir detener el flujo del al menos un líquido auxiliar calentado para evitar la acumulación de una presión excesiva.

65 Los expertos en la materia pueden comprender y efectuar variaciones a las realizaciones descritas al poner en práctica la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la descripción y las reivindicaciones adjuntas.

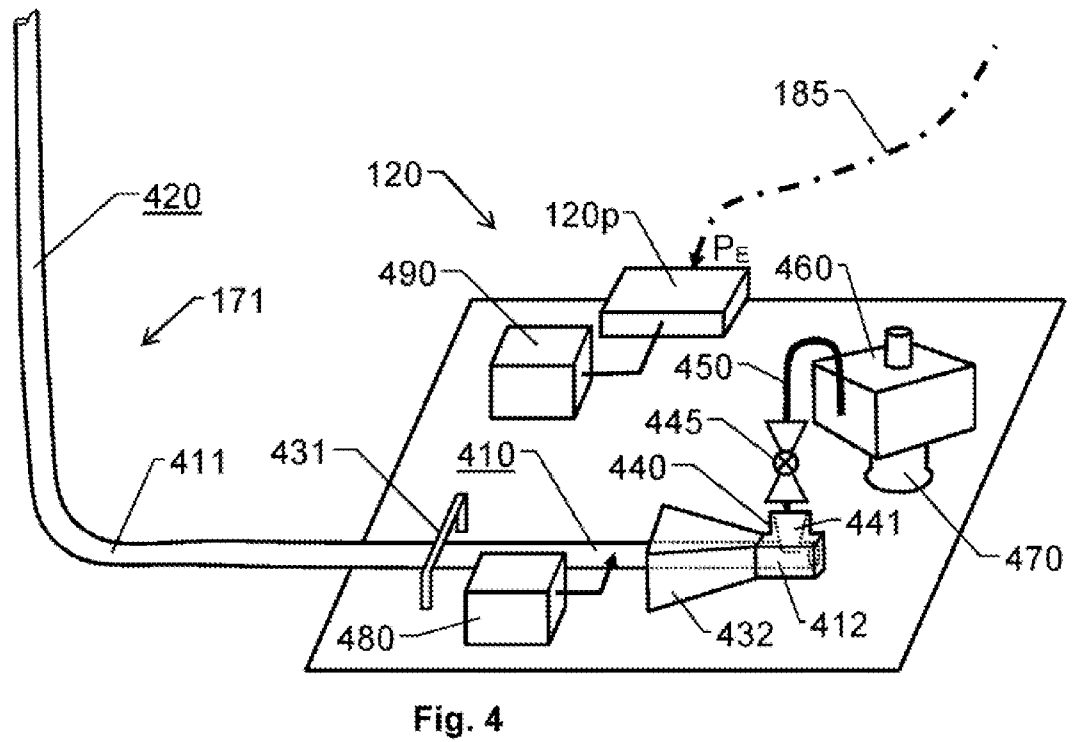
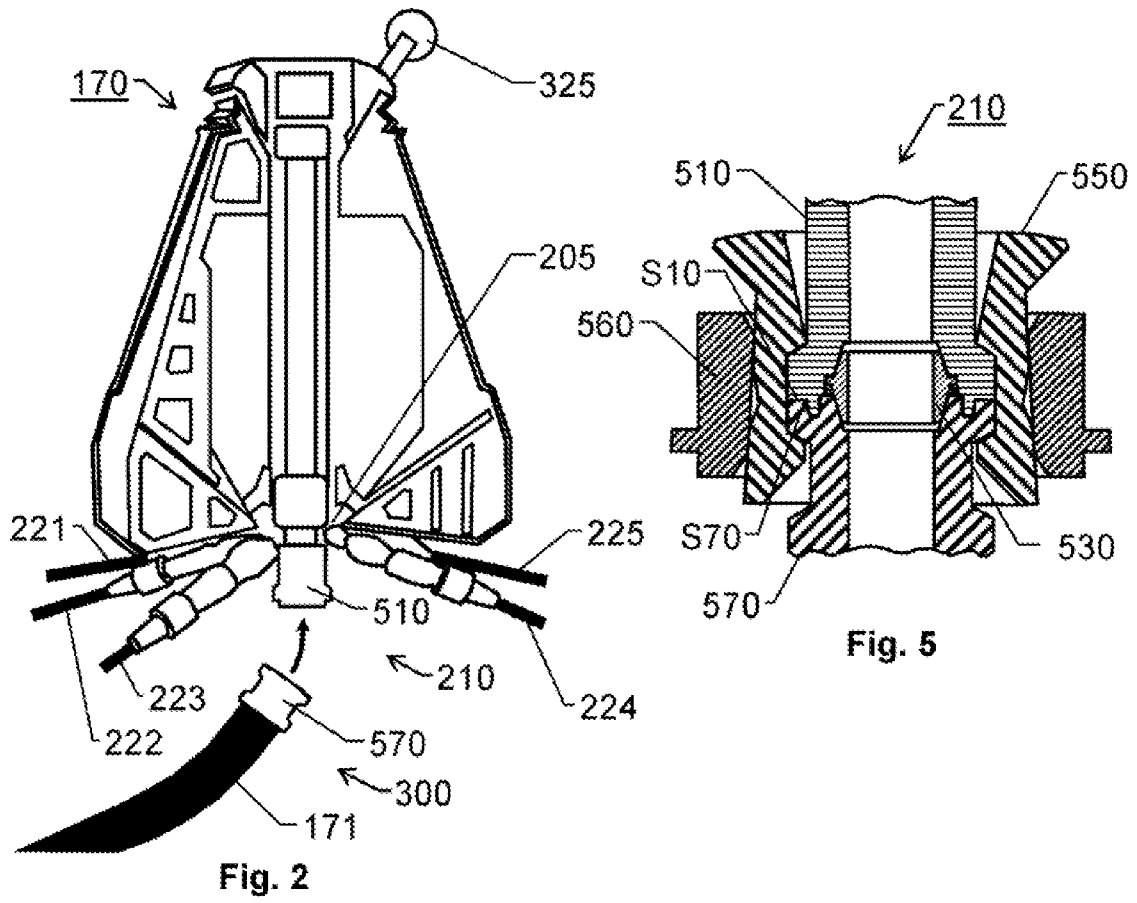
5 El término "comprende/que comprende" cuando se utiliza en esta memoria descriptiva se toma para especificar la presencia de características, números enteros, etapas o componentes establecidos. El término no excluye la presencia o adición de uno o más elementos, características, números enteros, etapas o componentes o grupos de los mismos adicionales. El artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. En las reivindicaciones, la palabra "o" no debe interpretarse como un "o" exclusivo (denominado a veces "XOR"). Por el contrario, expresiones como "A o B" cubren todos los casos "A y no B", "B y no A" y "A y B", salvo que se indique lo contrario. El mero hecho de que ciertas medidas se mencionen en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que no pueda utilizarse ventajosamente una combinación de esas medidas. Cualquier signo de referencia en las
10 reivindicaciones no debe interpretarse como una limitación del alcance.

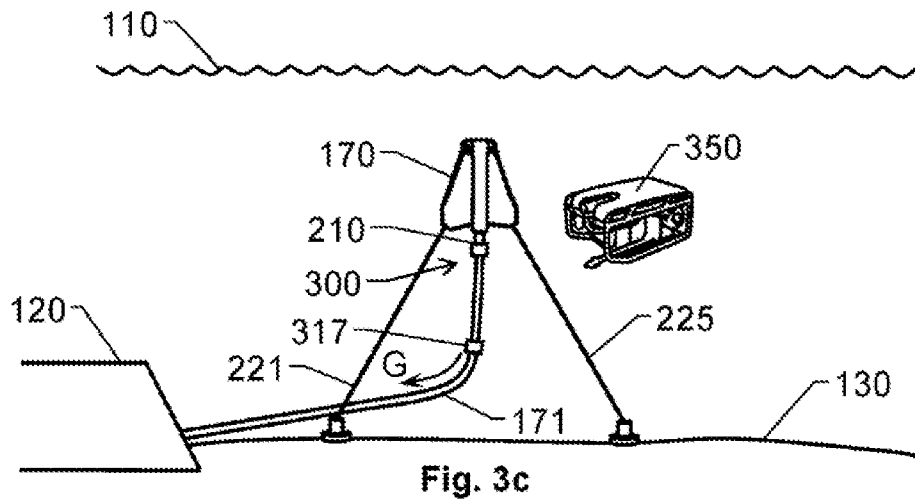
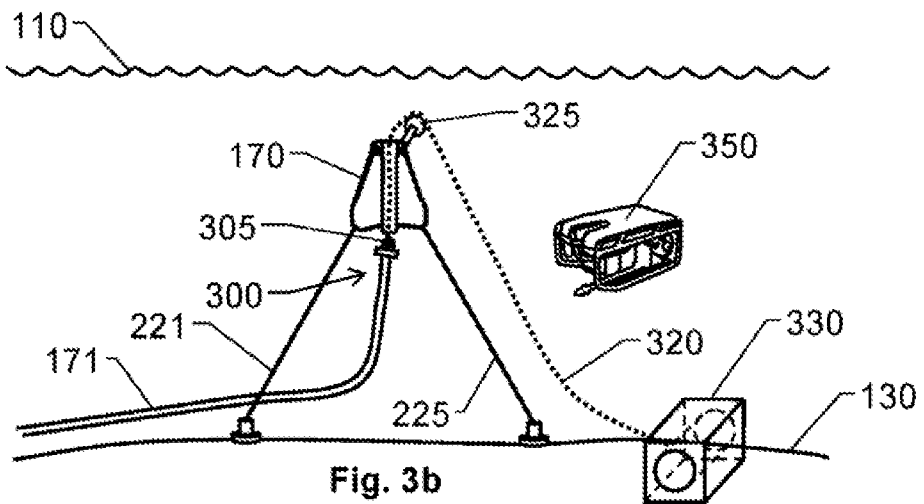
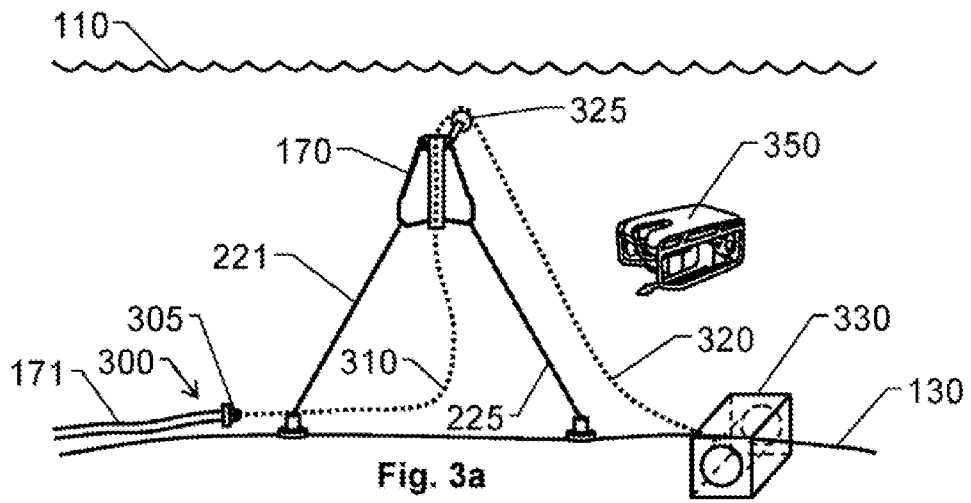
También debe tenerse en cuenta que las características de las diversas realizaciones descritas en este documento pueden combinarse libremente, a menos que se indique explícitamente que dicha combinación sería inadecuada.

15 La invención no se limita a las realizaciones descritas en las figuras, sino que puede variarse libremente dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de eliminación de tapones de fluido obstructivos de una sección de base (410) de un tubo ascendente (171), sección de base (410) que se extiende entre un extremo receptor (411) conectado a una sección vertical (420) del tubo ascendente (171) y un extremo emisor (412) del tubo ascendente (171) conectado a una plantilla submarina (120) situada en un lecho marino (130), plantilla submarina (120) que está conectada además a una boca de pozo (470) para un orificio de perforación (140) a un vacío subterráneo (150) en el que debe inyectarse el fluido recibido a través del tubo ascendente (171) desde la plantilla submarina (120), comprendiendo el método:
- (A) calentar al menos un líquido auxiliar a una temperatura predeterminada, efectuándose el calentamiento en un buque (110),
 - (B) enviar al menos un contenedor de transporte que contiene el al menos un líquido auxiliar calentado desde el buque (110) a un contenedor de almacenamiento (1040) en la plantilla submarina (120),
 - (C) inyectar el al menos un líquido auxiliar calentado desde el contenedor de almacenamiento en al menos un punto de inyección en la sección de base (410),
 - (D) inyectar, desde el buque (110) al menos un líquido auxiliar calentado en la sección vertical (420) del tubo ascendente (171), y
 - (E) repetir las etapas (A) a (D) hasta que todos los tapones en el tubo ascendente (171) se hayan derretido.
2. El método, según la reivindicación 1, en donde la sección de base (410) comprende:
- una sección de punto bajo (1030) entre el extremo receptor (411) y el extremo emisor (412) de la sección de base (410), sección de punto bajo (1030) que constituye una parte geoméricamente más inferior de la sección de base (410),
 - un conector de contenedor (1047) configurado para recibir una boquilla de salida del contenedor de almacenamiento (1040), cuyo conector de contenedor (1047) representa uno de al menos un punto de inyección en la sección de base (410) y está dispuesto aguas arriba de la sección de punto bajo (1030) con relación a una dirección (F) de un flujo de fluido en un árbol de válvulas de inyección (460) para la boca de pozo (470); y comprendiendo el método:
 - alimentar el al menos un líquido auxiliar calentado desde el contenedor de almacenamiento (1040) a través de la sección de punto bajo (1030) en el árbol de válvulas de inyección (460).
3. El método, según la reivindicación 2, en donde la sección de base (410) comprende:
- un primer sensor de temperatura (1010) dispuesto aguas abajo del conector de contenedor (1047) y aguas arriba de la sección de punto bajo (1030) con respecto a la dirección (F) del flujo de fluido, primer sensor de temperatura (1010) que está configurado para registrar una primera señal de temperatura (T1),
 - un segundo sensor de temperatura (1020) dispuesto aguas abajo de la sección de punto bajo (1030) con respecto a la dirección (F) del flujo de fluido, segundo sensor de temperatura (1020) que está configurado para registrar una segunda señal de temperatura (T2); y comprendiendo además el método:
 - determinar si hay un tapón de fluido (1035) en la sección de punto bajo (1030) basándose en cómo la segunda señal de temperatura (T2) varía a lo largo del tiempo en comparación con cómo la primera señal de temperatura (T1) varía a lo largo del tiempo como respuesta a alimentar el al menos un líquido auxiliar calentado desde el contenedor de almacenamiento (1040) a la sección de base (410).
4. El método, según la reivindicación 3, en donde, si se determina que hay un tapón de fluido (1035) en la sección de punto bajo (1030), el método comprende además:
- reducir, temporalmente, un caudal al cual el al menos un líquido auxiliar calentado se alimenta desde el contenedor de almacenamiento (1040) a la sección de base (410).





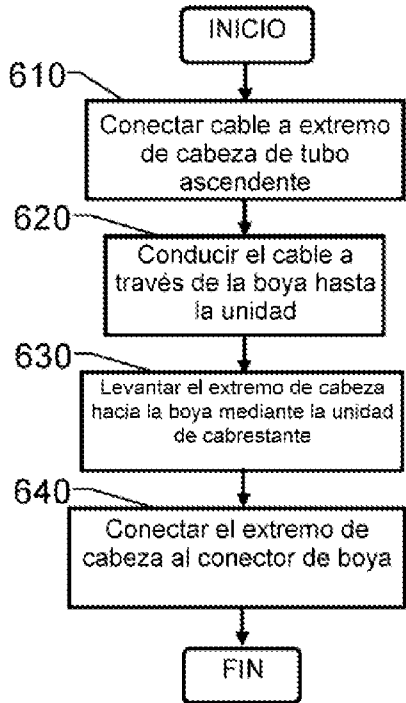


Fig. 6

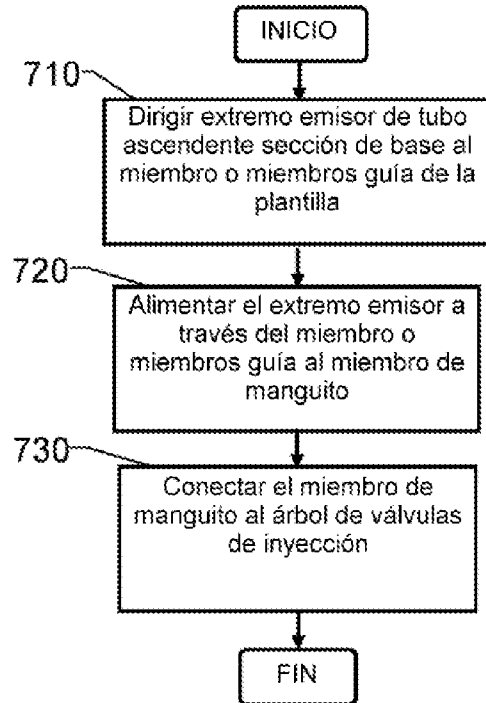


Fig. 7

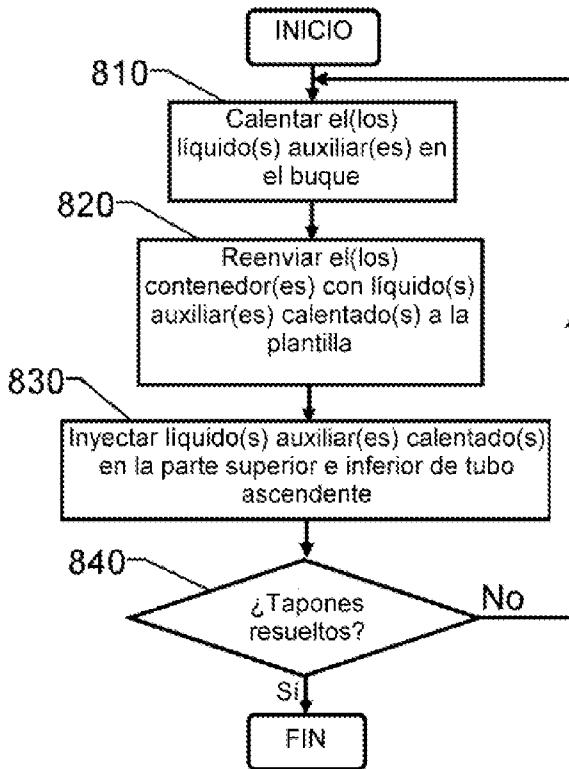


Fig. 8

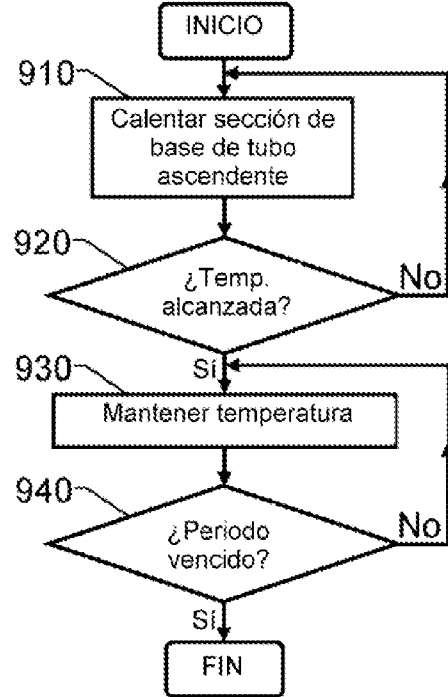


Fig. 9

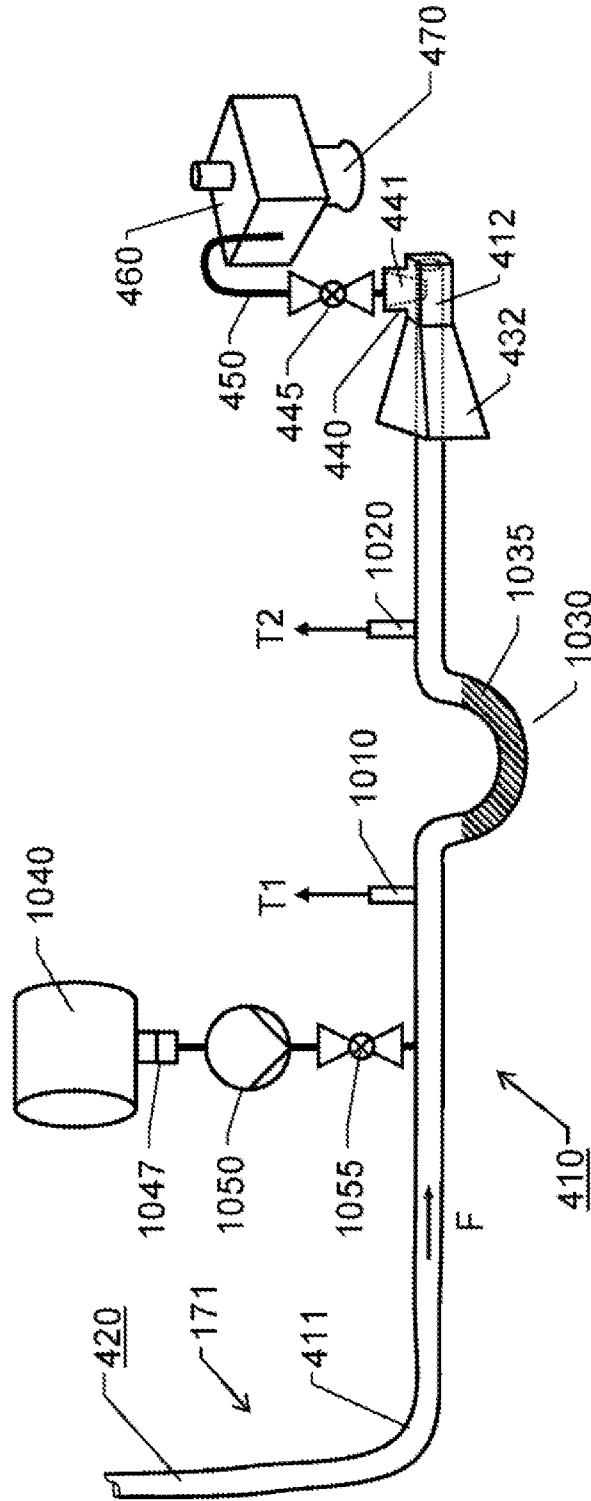


Fig. 10