

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 539 113**

51 Int. Cl.:

F16L 59/14 (2006.01)

F16L 59/153 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.08.2007** **E 07789184 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2015** **EP 2054660**

54 Título: **Mejoras relacionadas con un tubo**

30 Prioridad:

11.08.2006 GB 0616052

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

26.06.2015

73 Titular/es:

**BHP BILLITON PERTROLEUM PTY LTD (100.0%)
(A.C.N. 006918832) 180 LONSDALE STREET
MELBOURNE VIC 3000, AU**

72 Inventor/es:

**WITZ, JOEL ARON y
COX, DAVID CHARLES**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 539 113 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

Mejoras relacionadas con un tubo.

5 La presente invención se refiere a un tubo, y más particularmente a un tubo apropiado para su utilización en aplicaciones criogénicas. La presente invención se refiere especialmente a una tubería marina apropiada para su utilización sobre el lecho marino o cerca del mismo.

10 Existen muchos sistemas para transportar fluidos desde una estructura marina, tal como un barco u otra plataforma, hasta una tubería submarina. Entre los ejemplos de dichos sistemas se incluyen:

15 (1) El sistema convencional de amarre de múltiples boyas (CMBM). En este sistema, un conducto ascendente se extiende directamente desde la estructura marina hasta la tubería subacuática, con unas boyas de sujeción dispuestas a intervalos a lo largo de la longitud del tubo flexible.

20 (2) El sistema de monoamarre de torre única (STM). En este sistema, se fija al lecho marino una torre de amarre que se extiende hasta la superficie marina. Dicha torre de amarre sujeta un conducto ascendente que se extiende desde la superficie del mar hasta la tubería submarina. Un tubo flexible u otro tipo de tubo puede extenderse desde la estructura marina y conectarse al extremo del tubo flexible en la parte superior de la torre de amarre.

25 (3) El sistema de amarre de poste sencillo de anclaje (SALM). En este sistema, se dispone cerca de la estructura marina una boya, que se fija a una unidad de conexión, a la cual sujeta, situada sobre el lecho marino o cerca del mismo. Un conducto ascendente se extiende desde la estructura marina hasta la unidad de conexión, y a continuación desde dicha unidad de conexión hasta la tubería subacuática. Otra sección del tubo se extiende desde la unidad de conexión hasta la tubería subacuática.

30 (4) El sistema de amarre de poste de anclaje mediante catenarias (CALM). En este sistema, se sitúa una boya cerca de la estructura marina. Un conducto ascendente se extiende desde la boya hasta una unidad de conexión subacuática, habitualmente situada sobre el lecho marino o cerca del mismo. Otra sección del tubo se extiende desde la unidad de conexión hasta la tubería subacuática. Un tubo flexible u otro tipo de tubo puede extenderse desde la estructura marina y conectarse al extremo del tubo flexible en la boya. Existen diversas configuraciones del sistema CALM, entre las cuales el sistema "Steep S", el sistema "Lazy S" y el sistema "Chinese Lantern".

35 Todos los sistemas descritos anteriormente se conocen bien en la técnica, y existen otros sistemas posibles que no se han descrito anteriormente, tales como la utilización de una estructura marina intermedia. La característica esencial de todos estos sistemas es que se dispone un conducto ascendente para suministrar fluidos desde una estructura marina, tal como un barco, a una estructura subacuática, tal como una tubería. La configuración exacta del conducto ascendente y de la estructura de soporte para la misma puede variar en función de las condiciones habituales en la localización marina concreta. Dependiendo de los detalles concretos del sistema, el conducto ascendente comprende secciones sumergidas, flotantes y aéreas.

45 Habitualmente, las tuberías se construyen por uno de entre dos métodos. El primer método, y en general el más común, para tuberías tanto terrestres como subacuáticas, es la soldadura de tramos cortos de tubo metálico. Dicho tubo metálico puede revestirse para proporcionarle protección contra la corrosión, y a menudo, en aplicaciones marinas, se dispone un recubrimiento de hormigón para darle peso y protección mecánica. En algunas aplicaciones, se dispone un recubrimiento grueso, tal como de poliuretano sintético, para proporcionar aislamiento. Habitualmente, el recubrimiento se aplica tras la forma de realización de una junta. En la construcción marina, las juntas se realizan desde la barcaza de tendido en una posición sustancialmente horizontal (el denominado método "S-lay" o de tendido en S) o en una posición prácticamente vertical (el denominado método "J-lay" o de tendido en J). El método de tendido en J suele ser el método preferente para la construcción de tuberías en aguas profundas.

55 La alternativa a la unión de tramos cortos de tubo en la barcaza marina de tendido es el método de devanado, en el que se almacena una tubería continua en un gran carrete con cierta deformación plástica. Cuando la tubería se devana del carrete, pasa a través de una enderezadora a fin de corregir la deformación plástica producida durante el almacenamiento.

60 En algunas aplicaciones, los requisitos de aislamiento, tanto en términos de propiedades térmicas como de capacidad de profundidad de agua, son tales que se han desarrollado sistemas de tubo dentro de tubo. En este caso, un tramo relativamente corto de tubo se coloca dentro de otro tubo, y ambos se unen entre sí para constituir la tubería continua. El espacio anular entre los tubos concéntricos se puede rellenar con aislamiento o puede constituir un vacío.

65 Las tuberías terrestres comparativamente cortas para aplicaciones criogénicas son comunes, y típicamente se realizan en aceros inoxidables austeníticos, apropiados para su utilización a temperaturas típicas del nitrógeno

líquido, de aproximadamente -196°C , y del gas natural licuado, de aproximadamente -163°C . Un problema conocido de las aplicaciones de tuberías terrestres criogénicas es la contracción térmica a medida que la tubería se enfría desde la temperatura ambiente hasta la temperatura del gas natural licuado transportado. Para los aceros inoxidables austeníticos, dicha contracción equivale aproximadamente a 2,8 mm/m. A fin de controlar las tensiones térmicas resultantes, se disponen regularmente en la tubería bucles de expansión. Un desarrollo más reciente de Osaka Gas y otros consiste en utilizar tuberías constituidas por una aleación del 36% de níquel y el 64% de hierro. Esta aleación también se conoce con el nombre comercial INVAR (marca registrada). Dicha aleación, descubierta en 1896 por Charles-Edouard Guillaume, tiene la propiedad de experimentar variaciones dimensionales mínimas con las variaciones de temperatura. Cuando se enfría desde la temperatura ambiente hasta la temperatura del gas natural licuado, la contracción es de 0,3 mm/m, un orden de magnitud menos que la del acero inoxidable austenítico. Esto resulta particularmente ventajoso porque reduce sustancialmente la necesidad de hacer un uso profuso de los bucles de expansión.

Como metales, los aceros inoxidables austeníticos y la aleación INVAR (RTM) no tienen propiedades de aislamiento eficaces y, por consiguiente, se aplica un aislamiento convencional o se deja que la tubería se autoaisle mediante la acumulación de una capa de hielo.

Hasta el momento, no se han construido tuberías marinas para aplicaciones criogénicas. Una tubería marina para transportar fluidos criogénicos tiene que abordar dos problemas: la expansión térmica y el aislamiento. Esto ha conducido al desarrollo de diseños de tubos concéntricos basados en el diseño convencional de tubo dentro de tubo. En estos diseños, se utiliza la aleación INVAR (RTM) para resolver el problema de la expansión térmica y se disponen materiales aislantes de alto rendimiento, tales como aerogeles, en los espacios anulares resultantes a fin de solucionar el problema del aislamiento. Estos diseños son caros en cuanto a los materiales y a su construcción.

La presente invención se refiere particularmente a la tubería que suele encontrarse sobre el lecho marino o cerca del mismo. Típicamente, dicha tubería comprende un tubo exterior, un tubo interior y una capa de aislamiento dispuesta entre las tuberías exterior e interior. Tal como se ha mencionado anteriormente, en la técnica anterior, el tubo exterior puede ser de acero inoxidable y el tubo interior puede ser de una aleación de hierro y níquel, tal como un material que se comercializa con el nombre comercial INVAR. Este material INVAR (RTM) se selecciona con este propósito porque tiene un coeficiente de expansión térmica bajo, de modo que los tubos interior y exterior se expanden y se contraen en cantidades similares, a pesar de la variación de la temperatura que se da entre dichos tubos interior y exterior, causada principalmente por la presencia de la capa de aislamiento. Aunque las tuberías que cuentan con una tubería interior de INVAR (RTM) son eficaces en el transporte de fluidos criogénicos, resultan muy caras debido al contenido de níquel.

El documento WO 2006044053 da a conocer un sistema para suministrar fluidos criogénicos a un punto subacuático desde un barco. Sin embargo, dicha patente no contiene ninguna información acerca de cómo diseñar la tubería a la que se suministra el fluido criogénico.

Un objetivo de la presente invención consiste en dar a conocer un tubo con las características de robustez y resistencia a la temperatura que resultan deseables para el transporte eficaz de fluidos a través de una tubería.

El documento FR 2 753 257 A1 da a conocer una tubería para el transporte de fluidos criogénicos, constituida por un tubo interior de transferencia, una envoltura tubular exterior que rodea a dicho tubo y, en el espacio que queda entre el tubo y la envoltura, que se mantiene al vacío, un revestimiento aislante y, localmente, un volumen adsorbente entre el tubo interior y el revestimiento. El tubo interior está constituido por un material metálico con un coeficiente de contracción térmica bajo, y el volumen adsorbente está constituido por una cubierta del tubo interior con un tejido adsorbente.

Según un primer aspecto de la presente invención, se da a conocer un tubo según la reivindicación 1.

Resulta particularmente ventajoso que los extremos del conducto rígido y del tubo flexible estén sellados para evitar la penetración de fluidos entre el conducto rígido y el tubo flexible.

En otra forma de realización adicional particularmente ventajosa, por lo menos un extremo del tubo está adaptado para conectarse a un conducto ascendente subacuático.

El tubo según la presente invención es apropiado para su utilización en ubicaciones subacuáticas. Sin embargo, se entiende que, en su aplicación, no todo el tubo está necesariamente colocado bajo el agua.

Preferentemente, el cuerpo tubular comprende, por lo menos, dos capas de refuerzo, con la capa de sellado dispuesta entre las mismas.

Preferentemente, se dispone una capa de refuerzo adicional entre el elemento de sujeción exterior y el elemento de refuerzo axial.

La carga de rotura final de la capa o capas de refuerzo está comprendida preferentemente entre 100 kN y 700 kN para un tubo flexible de 8 pulgadas (200 mm) de diámetro. Resulta preferente que la deformación por flexión a la rotura de la capa o capas de refuerzo esté comprendida entre el 2% y el 15%.

5 Resulta preferido que el tubo flexible incluya, además, un elemento de refuerzo axial. Preferentemente, el elemento de refuerzo axial comprende una envoltura generalmente tubular, formada por una lámina de material proporcionada en forma tubular, de modo que dicha envoltura puede mantener la integridad de su forma tubular cuando se somete a tensión axial. El tubo flexible puede estar provisto de dos o más envolturas tubulares con el fin de mejorar adicionalmente el rendimiento del tubo flexible bajo una tensión axial. Resulta particularmente preferente que el
 10 elemento de refuerzo axial se proporcione en forma de trenza generalmente tubular. En la presente memoria, el término “trenza” se refiere a un material formado por dos o más fibras o hilos que se han entrelazado para formar una estructura alargada. Una característica de la trenza es que puede alargarse cuando se somete a una tensión axial. Otra característica de la trenza es que, si se proporciona en forma tubular, su diámetro se reduce cuando se somete a tensión axial. Por consiguiente, disponiendo una trenza tubular alrededor del cuerpo tubular, o dentro de la estructura del cuerpo tubular, la trenza ejerce una fuerza radial hacia dentro, por lo menos, sobre parte del cuerpo tubular cuando se somete a tensión axial. Resulta preferente que toda la envoltura tubular se proporcione en forma de trenza. Sin embargo, es posible proporcionar únicamente una o más secciones de la longitud de la envoltura tubular en forma de trenza. También resulta preferente que la trenza se extienda por toda la circunferencia de la envoltura tubular. Sin embargo, es posible proporcionar únicamente una parte de la circunferencia de la envoltura tubular en forma de trenza. La trenza se puede proporcionar en forma biaxial (es decir, estando formada la trenza únicamente por dos fibras o hilos entrelazados) o en forma triaxial (es decir, en la que también están presentes fibras o hilos que se extienden longitudinalmente a fin de aumentar la resistencia axial).

Aunque resulta preferido disponer el elemento de refuerzo axial en forma de trenza, se puede disponer en otras
 25 formas que cumplan los requisitos funcionales especificados anteriormente. Por consiguiente, el elemento de refuerzo axial puede proporcionarse como una disposición apropiada de cordones o cuerdas enrolladas helicoidalmente alrededor del cuerpo tubular.

De este modo, alternativa o adicionalmente, el elemento de refuerzo axial comprende una pluralidad de tiras de
 30 refuerzo axial que se extienden a lo largo de la longitud del tubo flexible. Preferentemente, las tiras de refuerzo axial están dispuestas equidistantes alrededor de la circunferencia del tubo flexible. Pueden existir dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho o más tiras. Más preferentemente, están dispuestas tres, cuatro, cinco o seis tiras, y de la forma más preferente están dispuestas cuatro o seis tiras. Preferentemente, cada tira de refuerzo axial está constituida por un tejido con una urdimbre y una trama. Más preferentemente, la urdimbre de cada tira de refuerzo axial está
 35 dispuesta en un ángulo comprendido entre 0° y 10° con respecto al eje longitudinal del tubo flexible. Aún más preferentemente, la urdimbre de cada tira de refuerzo axial está dispuesta en un ángulo comprendido entre 0° y 5° con respecto al eje longitudinal del tubo flexible. De la forma más preferente, la urdimbre de cada tira de refuerzo axial está dispuesta en un ángulo comprendido entre 0° y 2° con respecto al eje longitudinal del tubo flexible.

40 El elemento de refuerzo axial se puede disponer entre el elemento de sujeción exterior o el cuerpo tubular. Alternativamente, el elemento de refuerzo axial se puede incorporar dentro del cuerpo tubular, es decir, entre la capa de refuerzo y la capa de sellado.

Los materiales de construcción del tubo flexible deben seleccionarse de modo que permitan a dicho tubo flexible
 45 desempeñar su función en el entorno para el que está destinado. Por consiguiente, se requiere que el tubo flexible sea capaz de transportar fluidos a presión sin que se produzcan fugas a través de sus paredes. También se requiere que el tubo flexible resista la flexión reiterada y soporte las tensiones axiales causadas por la combinación del tubo flexible y el peso del fluido. Además, si el tubo flexible pretende utilizarse en el transporte de fluidos criogénicos, los materiales deben poder trabajar a temperaturas extremadamente frías sin que se reduzca significativamente su
 50 rendimiento. El objetivo principal de la capa de refuerzo, o de cada una de ellas, es resistir las tensiones circunferenciales a las que se ve sometido el tubo flexible durante el transporte de fluidos a través del mismo. Por consiguiente, resultará apropiada toda capa de refuerzo que tenga el grado necesario de flexibilidad y que pueda resistir las tensiones necesarias. Además, si el tubo flexible está destinado al transporte de fluidos criogénicos, la capa de refuerzo, o cada una de ellas, debe ser capaz de resistir temperaturas criogénicas.

Resulta preferido que la capa de refuerzo, o cada una de ellas, esté formada por una lámina de material que se ha
 55 enrollado en forma tubular arrollando helicoidalmente el material laminar. Esto significa que la capa de refuerzo, o cada una de ellas, no tiene mucha resistencia a la tensión axial, ya que la aplicación de una fuerza axial tenderá a deshacer los arrollamientos. La capa de refuerzo, o cada una de ellas, puede comprender una única capa continua del material laminar, o puede comprender dos o más capas continuas individuales del material laminar. Sin embargo, más habitualmente (y dependiendo de la longitud del tubo flexible), la capa de material laminar, o cada una de ellas, está formada por una pluralidad de longitudes separadas de material laminar dispuestas a lo largo de la longitud del tubo flexible.

65 En la forma de realización preferida, la capa de refuerzo, o cada una de ellas, comprende un tejido, de la forma más preferente un tejido tejido. La capa de refuerzo, o cada una de ellas, puede estar constituida por un material natural

o sintético. La capa de refuerzo, o cada una de ellas, está formada convenientemente por un polímero sintético, tal como un poliéster, una poliamida o una poliolefina. El polímero sintético se puede proporcionar en forma de fibras o de hilo, a partir de los cuales se crea el tejido.

5 Si la capa de refuerzo, o cada una de ellas, comprende un poliéster, preferentemente se trata del tereftalato de polietileno. Si la capa de refuerzo, o cada una de ellas, comprende una poliamida, puede ser una poliamida alifática, tal como un nailon, o puede ser una poliamida aromática, tal como un compuesto de aramida. Por ejemplo, la capa de refuerzo, o cada una de ellas, puede ser una poli-(p-fenilentereftalamida), tal como el KEVLAR (marca registrada).

10 Si la capa de refuerzo, o cada una de ellas, comprende una poliolefina, la misma puede ser un homopolímero de polietileno, polipropileno o polibutileno, o un copolímero o terpolímero de los mismos, y preferentemente está orientada monoaxial o biaxialmente. Más preferentemente, la poliolefina es un polietileno, y de la forma más preferente dicho polietileno es un polietileno de alto peso molecular, especialmente un UHMWPE. En la forma de realización preferente, el elemento de refuerzo axial es también un UHMWPE.

15 Generalmente, el UHMWPE que se utiliza en la presente invención tiene un peso molecular promedio en peso mayor de 400.000, típicamente mayor de 800.000 y habitualmente mayor de 1.000.000. Generalmente, el peso molecular promedio en peso no excede de aproximadamente 15.000.000. El UHMWPE se caracteriza, preferentemente, por un peso molecular comprendido aproximadamente entre 1.000.000 y 6.000.000. El UHMWPE más útil en la presente invención está altamente orientado y habitualmente se ha estirado, por lo menos, de 2 a 5 veces en una dirección y, por lo menos, de 10 a 15 veces en la otra dirección.

20 Generalmente, el UHMWPE más útil en la presente invención tiene una orientación paralela mayor del 80%, más habitualmente mayor del 90%, y preferentemente mayor del 95%. Generalmente, la cristalinidad es mayor del 50%, más habitualmente mayor del 70%. Es posible una cristalinidad de hasta el 85-90%.

25 Los UHMWPE se describen, por ejemplo, en los documentos US-A-4344908, US-A-4411845, US-A-4422993, US-A-4430383, US-A-4436689, EP-A-183285, EP-A-0438831 y EP-A-0215507.

30 Resulta particularmente ventajoso que la capa de refuerzo, o cada una de ellas, comprenda un UHMWPE altamente orientado, tal como el disponible a través de DSM High Performance Fibres BV (una compañía holandesa) con el nombre comercial DYNEEMA, o el disponible a través de la compañía estadounidense AlliedSignal Inc. con el nombre comercial SPECTRA. Se dan detalles adicionales sobre el DYNEEMA en un folleto comercial titulado "DYNEEMA; the top performance in fibers; properties and application", publicado por DSM High Performance Fibres BV, edición de febrero de 1998. Se dan detalles adicionales sobre el SPECTRA en un folleto comercial titulado "Spectra Performance Materials", publicado por Allied Signal Inc., edición de mayo de 1996. Estos materiales han estado disponibles desde la década de los ochenta.

35 En la forma de realización preferida, la capa de refuerzo, o cada una de ellas, comprende tejido formado por fibras dispuestas en sendas direcciones de trama y urdimbre. Los presentes solicitantes han descubierto que resulta particularmente ventajoso que la capa de refuerzo, o cada una de ellas, esté dispuesta de tal modo que la dirección de la urdimbre del tejido forma un ángulo de menos de 20° con respecto a la dirección axial del tubo flexible; también consideran preferente que dicho ángulo sea mayor de 5°. En la forma de realización preferida, la capa de refuerzo, o cada una de ellas, está dispuesta de tal modo que la dirección de la urdimbre del tejido forma un ángulo de entre 10° y 20°, de la forma más preferente de aproximadamente 15°, con respecto a la dirección axial del tubo flexible.

40 El objetivo de la capa de sellado es, principalmente, evitar la fuga de los fluidos transportados a través del cuerpo tubular. Por consiguiente, resulta apropiada toda capa de sellado que tenga el grado necesario de flexibilidad y que pueda proporcionar la función de sellado deseada. Además, si el tubo flexible está destinado al transporte de fluidos criogénicos, la capa de sellado, o cada una de ellas, debe ser capaz de resistir temperaturas criogénicas.

45 La capa de sellado puede estar constituida por los mismos materiales básicos que la capa de refuerzo, o cada una de ellas, particularmente un UHMWPE. Alternativamente, la capa de sellado puede ser un fluoropolímero, tal como: politetrafluoroetileno (PTFE); un copolímero de etileno-propileno fluorado, tal como un copolímero de hexafluoropropileno y tetrafluoroetileno (tetrafluoroetileno-perfluoropropileno), disponible a través de DuPont Fluoroproducts con el nombre comercial Teflon FEP; o un hidrocarburo fluorado (perfluoroalcoxi), disponible a través de DuPont Fluoroproducts con el nombre comercial Teflon PFA. Estas películas pueden prepararse por extrusión o por soplado.

50 Los presentes solicitantes consideran preferido que la capa de refuerzo esté formada por una lámina de material que se ha enrollado en forma tubular arrollando helicoidalmente el material laminar. Como en el caso de las capas de refuerzo, esto significa que la capa de sellado, o cada una de ellas, no tiene mucha resistencia a la tensión axial, ya que la aplicación de una fuerza axial tenderá a deshacer los arrollamientos. La capa de sellado puede comprender una única capa continua del material laminar, o puede comprender dos o más capas continuas individuales del material laminar. Sin embargo, más habitualmente (y dependiendo de la longitud del tubo flexible), la capa de

material laminar, o cada una de ellas, está formada por una pluralidad de longitudes separadas de material laminar dispuestas a lo largo de la longitud del tubo flexible. Si se desea, la capa de sellado puede comprender uno o más manguitos de sellado termocontraíbles (es decir, en forma tubular) que se colocan sobre la capa de refuerzo interior.

5 Los presentes solicitantes consideran preferido que la capa de sellado comprenda una pluralidad de capas de película superpuestas. Preferentemente están dispuestas, por lo menos, 2 capas, más preferentemente, por lo menos, 5 capas, y aún más preferentemente, por lo menos, 10 capas. En la práctica, la capa de sellado puede comprender 20, 30, 40, 50 o más capas de película. El límite superior para el número de capas depende del tamaño total del tubo flexible, pero es improbable que se necesiten más de 100 capas. Por lo general, 50 capas, como
10 máximo, son suficientes. El espesor de cada capa de película está comprendido típicamente entre 50 y 100 micrómetros.

Por supuesto, se entiende que puede disponerse más de una capa de sellado.

15 La capa de aislamiento puede fijarse al interior del conducto rígido, es decir, colocarse dentro del conducto rígido. Alternativamente, la capa de aislamiento puede disponerse entre el tubo flexible y el conducto rígido, como capa separada del tubo flexible y del conducto rígido.

20 Sin embargo, resulta preferido que la capa de aislamiento se incorpore en el tubo flexible. La capa de aislamiento puede fijarse a la parte exterior del tubo flexible, es decir, disponerse fuera del elemento de sujeción exterior, o puede disponerse dentro del elemento de sujeción exterior, entre el elemento de sujeción exterior y la capa de sellado del cuerpo tubular. La capa de aislamiento puede comprender cualquier material utilizado convencionalmente para proporcionar aislamiento a un equipo criogénico, tal como un material de espuma sintética.

25 En una forma de realización preferida, la capa de aislamiento comprende un elemento alargado, constituido por un material aislante, que tiene bordes longitudinales opuestos, estando dicho elemento alargado enrollado helicoidalmente alrededor del cuerpo tubular, de tal modo que los bordes longitudinales opuestos de la capa se encuentran en una disposición adyacente o solapada, en la que cada borde longitudinal incluye una formación capaz de interengranarse con una formación cooperativa del borde longitudinal opuesto. El elemento alargado se dispone,
30 preferentemente, fuera del elemento de sujeción exterior, con lo que forma una cubierta para la capa exterior. En el documento 2004/044472 se describe con mayor detalle un elemento alargado apropiado.

35 En otra forma de realización preferida, la capa de aislamiento incluye un tejido formado por fibras de basalto. Están disponibles tejidos apropiados de fibras de basalto a través de Sudaglass Fiber Company, con los nombres comerciales BT-5, BT-8, BT-10, BT-11 y BT-13. El espesor preferente para el tejido está comprendido aproximadamente entre 0,1 mm y hasta aproximadamente 0,3 mm. Si se desea, se puede utilizar una pluralidad de capas de tejido de basalto.

40 Debe apreciarse que puede disponerse más de una capa de aislamiento y que el tubo flexible puede incluir dos o más tipos diferentes de capa de aislamiento.

Preferentemente, se dispone una pieza de extremidad en cada extremo del tubo flexible. Dicha pieza de extremidad es preferentemente del tipo descrito en los documentos WO01/96772 o WO 2004/079248.

45 Los elementos de sujeción interiores y exteriores del tubo flexible son, preferentemente, elementos de sujeción helicoidales, más preferentemente alambres helicoidales. Por consiguiente, cada elemento de sujeción forma preferentemente una bobina que sujeta y retiene el cuerpo tubular, así como cualquier otra capa intermedia. Preferentemente, las bobinas interiores y exteriores se aplican en una configuración helicoidal con el mismo paso de hélice, y los bucles de la bobina exterior están dispuestos con un desplazamiento correspondiente a una longitud de
50 medio paso de hélice con respecto a la posición de los bucles de la bobina interior.

Una característica importante de la presente invención consiste en que el conducto rígido exterior está apropiadamente protegido de la temperatura de los fluidos criogénicos que se transportan a través de la estructura tubular interior. Típicamente, el conducto exterior es un metal o un plástico reforzado, y es importante mantener la
55 temperatura de la superficie interior del conducto rígido exterior por encima de aproximadamente -20°C, a fin de proporcionar una protección apropiada contra los efectos de expansión/contracción descritos anteriormente. Preferentemente, la temperatura de la superficie interior del conducto rígido exterior debe mantenerse a menos de 30°C de diferencia, más preferentemente a menos de 20°C de diferencia, con respecto a la temperatura del agua que rodea el tubo. Típicamente, la temperatura del agua circundante está comprendida entre 5°C y 30°C. Por
60 consiguiente, la temperatura de la superficie interior del conducto rígido exterior está comprendida, preferentemente, entre aproximadamente 5°C y aproximadamente - 20°C.

Es importante que la temperatura de la superficie interior del conducto exterior permanezca por encima de la temperatura de rotura del material del conducto. Típicamente, esta temperatura de rotura es inferior a -20°C y depende del material escogido.
65

ES 2 539 113 T3

- 5 El aislamiento necesario puede alcanzarse de diversas maneras. Una posibilidad consiste en confiar únicamente en el aislamiento proporcionado por el cuerpo tubular de la estructura tubular interior. Los materiales del cuerpo tubular pueden ser de tal naturaleza que proporcionen el aislamiento necesario. Además, en la forma de realización preferente, los materiales del cuerpo tubular se forman enrollando múltiples capas alrededor de un mandril, en un procedimiento que deja cierta cantidad de aire entre las capas, lo que proporciona un aislamiento adicional.
- 10 En otra forma de realización, la estructura tubular interior está provista de una capa de aislamiento formada por un material aislante. La capa de aislamiento puede ser una capa especial del cuerpo tubular, o puede ser una capa formada alrededor del elemento de sujeción exterior.
- 15 En otra forma de realización, el aislamiento puede estar proporcionado por un material aislante en forma de partículas (por ejemplo, perlas), dispuesto en el espacio existente entre la estructura tubular interior y el tubo exterior. Dichas partículas aislantes pueden comprender, típicamente, microesferas de vidrio, perlita, partículas de poliestireno. Las partículas pueden colocarse en dicho espacio simplemente bombeándolas entre la estructura tubular interior y el conducto exterior.
- 20 El aislamiento necesario puede estar proporcionado por cualquier combinación de las técnicas específicas descritas anteriormente.
- 25 Típicamente, el conducto rígido está constituido por acero, particularmente acero al carbono o acero inoxidable austenítico. Puede estar provisto de un revestimiento exterior y/o interior, preferentemente impermeable o impermeables. Son ejemplos de revestimientos un revestimiento epoxi de adhesión por fusión, un revestimiento de polipropileno y un revestimiento de polietileno. El conducto es una estructura tubular con cualquier forma deseada, aunque típicamente presenta una sección transversal circular.
- 30 Las dimensiones del tubo flexible y del conducto rígido pueden seleccionarse de modo que el tubo flexible y el conducto rígido estén en contacto, o, preferentemente, de modo que haya un espacio entre el tubo flexible y el conducto rígido. Preferentemente, se disponen uno o más espaciadores entre la estructura tubular interior y el conducto rígido exterior, a fin de mantener el conducto a cierta distancia de la estructura tubular interior. Preferentemente, el espaciador, o cada uno de ellos, comprende un anillo que se extiende alrededor del exterior del tubo flexible. Puede disponerse una pluralidad de dichos anillos a lo largo de la longitud del tubo flexible. El espaciador, o cada uno de ellos, puede ser, por ejemplo, de poliuretano, PTFE, o de una madera tal como madera de balsa o corcho. El espaciador, o cada uno de ellos, puede ser de caucho, siempre que esté presente un aislamiento subyacente suficiente para proteger dicho espaciador de goma de la temperatura de los fluidos criogénicos transportados a través de la estructura tubular interior.
- 35 En otra forma de realización, el espaciador puede presentarse en forma de cuerda o varilla arrollada helicoidalmente entre la estructura tubular interior y el tubo exterior. El arrollamiento puede tener un paso largo y/o corto. La cuerda o varilla pueden ser, por ejemplo, una cuerda de poliéster, una tira de poliuretano de sección transversal rectangular, o un caucho de sección transversal circular.
- 40 El tubo según la presente invención es útil en una amplia variedad de aplicaciones, pero es especialmente útil en el transporte de fluidos criogénicos, especialmente fluidos a una temperatura menor de -100°C , más preferentemente fluidos a una temperatura de aproximadamente -104°C o menor (el punto de ebullición del etileno), y todavía más preferentemente fluidos a una temperatura de aproximadamente -150°C o menor. El tubo puede transportar eficazmente GNL a temperaturas de aproximadamente -162°C , y puede transportar eficazmente oxígeno o nitrógeno líquidos a temperaturas de aproximadamente -183°C o -196°C , respectivamente. En la práctica, la temperatura más baja a la que se podría utilizar el tubo está comprendida entre aproximadamente -200°C y -220°C .
- 45 Preferentemente, el diámetro interior del conducto rígido es, por lo menos, de 150 mm. Más preferentemente, el diámetro interior del tubo flexible es, por lo menos, de 150 mm. El diámetro interior del tubo flexible puede llegar a 50 400 mm, o incluso a 600 mm o 800 mm.
- 55 Típicamente, el tubo se suministra en longitudes comprendidas entre 5 m y 20 m, aunque es posible suministrarlo en longitudes mayores o menores. Los tramos de tubo se pueden unir entre sí para proporcionar una tubería con la longitud deseada, que puede ser de unas pocas decenas, unos pocos centenares o hasta unos pocos miles de metros.
- 60 El tubo según la presente invención se puede montar colocando el tubo flexible, o una cadena que comprende múltiples longitudes del tubo flexible conectadas de extremo a extremo, dentro del conducto rígido, por ejemplo, tirando de él a través del conducto.
- 65 En general, la presión manométrica de operación del tubo está comprendida entre aproximadamente 500 kPa y

aproximadamente 2.000 kPa, o posiblemente puede alcanzar aproximadamente 2.500 kPa. Estas presiones se refieren a la presión de operación del tubo flexible, no a la presión de rotura (que debe ser varias veces superior). El caudal volumétrico depende del medio fluido, la presión y el diámetro interior. Son típicos los caudales de entre 1.000 m³/h y 12.000 m³/h.

5 Según otro aspecto de la presente invención, se da a conocer una tubería que comprende una pluralidad de tubos tal como se han descrito anteriormente, estando conectadas dichas tuberías de extremo a extremo. La tubería puede tener una longitud de unos pocos metros, pero preferentemente tiene una longitud, por lo menos, de 100 m, más preferentemente, por lo menos, de 200 m, y más preferentemente, por lo menos, de 500 m. Preferentemente, la tubería no tiene más de 5.000 m de longitud, más preferentemente no más de 2.000 m, y puede tener menos de 1.000 m de longitud. Típicamente, la longitud está comprendida aproximadamente entre 100 m y 2.000 m.

15 El tubo según la presente invención resulta particularmente útil en aplicaciones que implican el transporte de fluidos, especialmente fluidos criogénicos, a lo largo del lecho marino. El tubo puede ser necesario para transportar los fluidos entre dos estructuras marinas de superficie, o entre una estructura marina de superficie y una estructura terrestre.

20 La estructura marina de superficie puede ser una estructura permanente o una estructura temporal, y está dispuesta en la superficie del agua; cabe señalar que, en circunstancias normales, parte de la estructura se extiende por encima de la superficie del agua y parte de la estructura está sumergida. Una estructura permanente es aquella que, tras su instalación, permanece permanentemente fija por encima del lecho marino. Entre los ejemplos de estructuras permanentes se incluyen una estructura de soporte de bastidor de acero y una estructura de soporte de hormigón. Una estructura temporal es aquella que puede desplazarse de un lugar a otro. Entre los ejemplos de estructura temporal se incluyen un buque flotante, que habitualmente presenta un casco de acero u hormigón, tal como un barco o una barcaza o un semisumergible o una plataforma de piernas tensadas. Otro ejemplo de estructura temporal es una unidad flotante de producción, almacenamiento y descarga. La estructura marina de superficie puede disponer de medios para extraer petróleo o gas de debajo del lecho marino. Adicional o alternativamente, la estructura marina de superficie puede disponer de medios para almacenar petróleo o gas, y el gas puede encontrarse en forma líquida.

30 De este modo, según otro aspecto de la presente invención, se da a conocer un sistema para transportar fluidos entre una primera estructura marina de superficie y una segunda estructura marina de superficie, que comprende un primer conducto ascendente conectado operativamente a la primera estructura marina de superficie y a un primer extremo de una tubería dispuesta a lo largo de un lecho marino, un segundo conducto ascendente conectado operativamente a la segunda estructura marina de superficie y a un segundo extremo de la tubería, por lo que el fluido puede fluir desde la primera estructura marina de superficie hasta la segunda estructura marina de superficie, o viceversa, caracterizado porque, por lo menos, parte de la tubería está formada por una tubería según la presente invención tal como se ha descrito anteriormente.

40 De este modo, según otro aspecto de la presente invención, se da a conocer un sistema para transportar fluidos entre una primera estructura marina de superficie y una estructura terrestre, que comprende un primer conducto ascendente conectado operativamente a la primera estructura marina de superficie y a un primer extremo de una tubería dispuesta a lo largo de un lecho marino, un segundo conducto ascendente conectado operativamente a la estructura terrestre y a un segundo extremo de la tubería, por lo que el fluido puede fluir desde la primera estructura marina de superficie hasta la estructura terrestre, o viceversa, caracterizado porque, por lo menos, parte de la tubería está formada por un tubo según la presente invención, tal como se ha descrito anteriormente. La estructura terrestre puede ser, por ejemplo, una instalación de almacenamiento terrestre.

50 En una forma de realización, el sistema incluye una boya situada en la superficie, y el primer y/o segundo conducto ascendente se extiende desde la boya hasta la estructura submarina, y el tubo flexible está sujetado por la boya. El sistema CALM, descrito anteriormente, es un ejemplo de sistema de este tipo.

55 Sin embargo, el sistema según la presente invención puede ser un sistema CMBM, donde el tubo flexible según la presente invención se extiende directamente desde la estructura marina de superficie hasta la estructura submarina.

El sistema según la presente invención puede ser un sistema SALM, donde una boya de superficie está unida a un conector submarino, situado en el lecho marino, y el tubo flexible se extiende directamente desde la estructura marina de superficie hasta el conector submarino.

60 En los sistemas descritos anteriormente, está previsto asimismo, preferentemente, un conector de fluidos sujetado por la boya. Dicho conector de fluidos está adaptado para conectarse con comunicación de fluidos con el extremo superior del conducto ascendente, que se extiende desde la estructura submarina, y para conectarse con comunicación de fluidos con un tubo que se extiende desde la estructura submarina. De este modo, el fluido puede fluir desde el tubo al conducto ascendente a través del conector. El conector es preferentemente giratorio, de modo que la estructura marina de superficie puede girar alrededor de la boya. Esta forma de conector se conoce habitualmente como "conector giratorio". En el documento EP0833769 se da a conocer un ejemplo de conector

giratorio apropiado para el transporte de fluidos criogénicos.

El sistema según la presente invención también se puede utilizar en el tipo de sistema que se describe en el documento WO2006/044053, en el que se dispone una boya sumergible. De este modo, según otro aspecto de la presente invención, se da a conocer un sistema para el transporte de un fluido criogénico entre una estructura marina de superficie y una tubería, que comprende: a) un primer conducto ascendente criogénico, con un primer extremo y un segundo extremo, siendo ajustable la posición vertical de este primer conducto ascendente, en la que dicho segundo extremo de dicho primer conducto ascendente está situado en un cuerpo de agua y en comunicación de fluidos con dicha tubería; y b) un primer conector de torreta sumergible, conectado a dicho primer extremo de dicho primer conducto ascendente, estando adaptado dicho primer conector de modo que pueda conectarse de forma liberable a la estructura marina de superficie, de manera que puede transportarse un fluido criogénico entre dicha estructura marina de superficie y dicho primer extremo de dicho primer conducto ascendente, estando amarrado dicho primer conector a la parte inferior de dicho cuerpo de agua, de tal modo que la posición vertical de dicho primer conector se puede modificar, en la que dicho primer conector está adaptado para permitir que dicha estructura marina de superficie gire alrededor de dicho primer conector sobre la superficie de dicho cuerpo de agua, mientras que dicho primer buque está conectado a dicho primer conector, en la que, por lo menos, parte de la tubería está formada por un tubo según la presente invención, tal como se ha descrito anteriormente.

Debe apreciarse que la estructura marina de superficie y la estructura submarina se disponen en el agua, es decir, en un mar, un océano, un lago, un puerto u otro cuerpo de agua. Sin embargo, no hay ninguna limitación particular sobre la distancia que separa a dicha estructura de la orilla, que puede ser, por ejemplo, de unos metros, unos centenares de metros, unos kilómetros o varios centenares de kilómetros.

Según otro aspecto de la presente invención, se da a conocer un método de transporte subacuático de un fluido criogénico, que comprende hacer fluir dicho fluido a través de un tubo según la presente invención, tal como se ha descrito anteriormente, en el que el tubo está dispuesto en una ubicación subacuática. Preferentemente, el tubo está situado sobre el lecho marino. A continuación, se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista en sección transversal de una parte de un tubo según la presente invención;

la figura 2 es una vista en sección transversal de un tubo flexible del tubo que se muestra en la figura 1; y

la figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema para suministrar el fluido criogénico desde un barco al tubo según la presente invención.

Haciendo referencia, en primer lugar, a las figuras 1 y 2, un tubo según la presente invención se designa generalmente con el numeral 100. El tubo flexible comprende un tubo flexible 10 y un conducto rígido 30.

El tubo flexible 10 comprende un cuerpo tubular 12, que comprende una capa de refuerzo interior 14, una capa de refuerzo exterior 16 y una capa de sellado 18 intercalada entre las capas 14 y 16. Se dispone una envoltura generalmente tubular 20 en forma de trenza, que proporciona un refuerzo axial, alrededor de la superficie exterior de la capa de refuerzo exterior 16.

El cuerpo tubular 12 y la envoltura tubular 20 se disponen entre un alambre interior enrollado helicoidalmente 22 y un alambre exterior enrollado helicoidalmente 24. Los alambres interior y exterior 22 y 24 están dispuestos de tal modo que están desplazados entre sí por una distancia correspondiente a media longitud de paso de hélice de las bobinas.

Se dispone una capa de aislamiento 26 alrededor del alambre exterior 24. La capa de aislamiento 26 puede ser, por ejemplo, un material aislante convencional, tal como una espuma plástica.

Las capas de refuerzo 14 y 16 comprenden tejidos tejidos de un material sintético, tal como fibras de UHMWPE o de aramida.

La capa de sellado 18 comprende una pluralidad de capas de película plástica, que se enrollan alrededor de la superficie exterior de la capa de refuerzo interior 14 a fin de proporcionar un cierre estanco a los fluidos entre las capas de refuerzo interior y exterior 14 y 16.

Se dispone una pieza de extremidad 28 en cada extremo del tubo interior 10, que sirve para terminar el tubo 10. Dicha pieza de extremidad 28 puede ser, por ejemplo, el tipo de pieza de extremidad que se describe en los documentos WO01/96772 o WO 2004/079248.

El tubo flexible 10 se puede formar: arrollando el alambre interior 22 alrededor de un mandril; arrollando la capa de refuerzo interior 14 alrededor del alambre interior 22; arrollando la capa de sellado 18 alrededor de la capa de refuerzo interior 14; arrollando la capa de refuerzo exterior 16 alrededor de la capa de sellado 16, haciendo pasar la envoltura tubular sobre la capa de refuerzo exterior 16, arrollando el alambre exterior 24 alrededor de la envoltura 20

y aplicando la capa de aislamiento 26 sobre el alambre exterior 24 y la envoltura 20.

El conducto rígido 30 comprende un tubo metálico 32, que soporta un revestimiento impermeable exterior 34.

5 Se forma un espacio anular 36 entre el tubo metálico 30 y el tubo flexible 10. Dicho espacio anular 36 se puede dejar como espacio vacío o se puede rellenar parcial o totalmente con un material aislante 38 (tal como se muestra en la figura 1). Si el espacio anular se deja como espacio vacío, se pueden disponer espaciadores (no representados) a fin de sujetar el tubo flexible 10 en su sitio con respecto al conducto rígido 30. Dichos espaciadores pueden tener forma de disco, con una abertura interior circular destinada a alojar el tubo flexible 10.

10

El fluido que debe transportarse puede fluir a través del espacio sustancialmente cilíndrico 40 del manguera 10.

La figura 3 es un dibujo de un sistema ilustrativo que utiliza el tubo 100 según la presente invención. El sistema mostrado en la figura 3 es un sistema CALM, pero el tubo 100 se puede aplicar perfectamente a otros sistemas, tales como el sistema SALM, el sistema CMBM y el sistema STM.

15

En la figura 3, un barco 300 que contiene una unidad de almacenamiento (no representada) de GNL flota sobre la superficie del mar 302. Una tubería submarina 304 discurre a lo largo del lecho marino 306. Una boya de amarre de superficie 308 flota sobre la superficie del agua, a cierta distancia del barco 300. La boya 308 comprende una placa giratoria 310 en su parte superior, que puede girar con respecto a la parte inferior de la boya 308. Un cabo de amarre 312 se extiende desde el barco 300 hasta la placa giratoria 310, y unas cadenas de ancla 314 se extienden desde la base de la boya 308 hasta el lecho marino 306.

20

Un tubo flexible 318 se extiende desde el barco 300 hasta la boya 308. El tubo flexible 318 presenta una flotabilidad elevada, de modo que puede flotar sobre la superficie del agua.

25

Un tubo flexible 316 se extiende desde la boya 308 hasta la tubería 304. El tubo flexible 318 está conectado al tubo flexible 316, por lo que los fluidos pueden fluir desde la unidad de almacenamiento situada en el barco 300 hasta la tubería 304 (o viceversa). La tubería 304 está construida a partir de tramos del tubo 10, que se muestran en la figura 1.

30

REIVINDICACIONES

- 5 1. Tubo (100) que comprende un conducto exterior rígido (30) y una estructura tubular interior, comprendiendo la estructura tubular interior un tubo flexible (10), caracterizado por que el tubo flexible comprende un cuerpo tubular (12) dispuesto entre unos elementos de sujeción interiores y exteriores (22, 24), incluyendo el cuerpo tubular por lo menos dos capas de refuerzo (14, 16), cada una de ellas formada por una lámina de material que ha sido arrollada en una forma tubular, y una capa de sellado (18) dispuesta entre las capas de refuerzo, y estando formada por un material que puede resistir temperaturas criogénicas, en el que la estructura tubular interior presenta unas propiedades de aislamiento suficientes para proteger el conducto exterior de la baja temperatura del fluido criogénico que fluye dentro de la estructura tubular interior, y en el que los extremos del conducto rígido (30) y el tubo flexible (10) están sellados para evitar la entrada de líquidos entre el conducto rígido y el tubo flexible.
- 10
- 15 2. Tubo según la reivindicación 1, caracterizado por que por lo menos un extremo del tubo (100) está adaptado para estar conectado a un conducto ascendente subacuático.
3. Tubo según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el tubo flexible incluye además unos medios de refuerzo axial.
- 20 4. Tubo según la reivindicación 3, caracterizado por que los medios de refuerzo axial comprenden una trenza generalmente tubular (20), formada por una lámina de material prevista en forma tubular.
5. Tubo según la reivindicación 3 o 4, caracterizado por que los medios de refuerzo axial comprenden una pluralidad de tiras de refuerzo axial que se extienden a lo largo de la longitud del tubo flexible.
- 25 6. Tubo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la capa de sellado (18) está formada por una lámina de material que se ha arrollado en forma tubular en el tubo flexible (10).
7. Tubo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se incorpora una capa de aislamiento (26) en el tubo flexible (10).
- 30 8. Tubo según la reivindicación 7, caracterizado por que la capa de aislamiento está dispuesta entre los elementos de sujeción interiores y exteriores.
- 35 9. Tubo según la reivindicación 7 u 8, caracterizado por que la capa de aislamiento (26) se superpone al elemento de sujeción exterior (24).
- 40 10. Tubo según la reivindicación 9, caracterizado por que la capa de aislamiento (26) comprende un elemento alargado, realizado en un material aislante, que presenta unos bordes longitudinales opuestos, estando el elemento alargado arrollado helicoidalmente alrededor del cuerpo tubular (12), de manera que los bordes longitudinales opuestos de la capa se encuentran en una disposición adyacente o solapada, en el que cada borde longitudinal incluye una formación que puede interengranarse con una formación cooperativa del borde longitudinal opuesto.
- 45 11. Tubo según la reivindicación 7, 8 o 9, caracterizado por que la capa de aislamiento incluye un tejido formado de fibras de basalto.
12. Tubo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se dispone una pieza de extremidad en cada extremo del tubo flexible.
- 50 13. Tubo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los elementos de sujeción interiores y exteriores (22, 24) del tubo flexible son elementos de sujeción helicoidales.
14. Tubo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los elementos de sujeción interiores y exteriores (22, 24) del tubo flexible son alambres helicoidales.
- 55 15. Tubería que comprende una pluralidad de tubos (100), tal como se han definido en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dichos tubos están conectados de extremo a extremo.
- 60 16. Sistema para transportar fluidos entre una primera estructura marina de superficie y una segunda estructura marina de superficie, que comprende un primer conducto ascendente conectado operativamente a la primera estructura marina de superficie y a un primer extremo de una tubería dispuesta a lo largo de un lecho marino, un segundo conducto ascendente conectado operativamente a la segunda estructura marina de superficie y a un segundo extremo de la tubería, pudiendo así el fluido fluir desde la primera estructura marina de superficie hasta la segunda estructura marina de superficie, o viceversa, caracterizado por que por lo menos parte de la tubería está formada por un tubo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.
- 65 17. Sistema para transportar fluidos entre una primera estructura marina de superficie y una estructura terrestre, que

5 comprende un primer conducto ascendente conectado operativamente a la primera estructura marina de superficie y a un primer extremo de una tubería dispuesta a lo largo de un lecho marino, un tubo conectado operativamente a la estructura terrestre y a un segundo extremo de la tubería, pudiendo así el fluido fluir desde la primera estructura marina de superficie hasta la estructura terrestre, o viceversa, caracterizado por que por lo menos parte de la tubería está formada por un tubo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

18. Procedimiento de transporte subacuático de un fluido criogénico, que comprende el flujo del fluido a través de un tubo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado por que dicho tubo está dispuesto en una ubicación subacuática.

Fig.1.

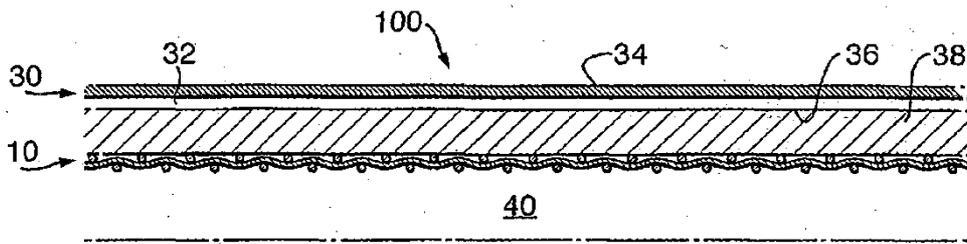


Fig.2.

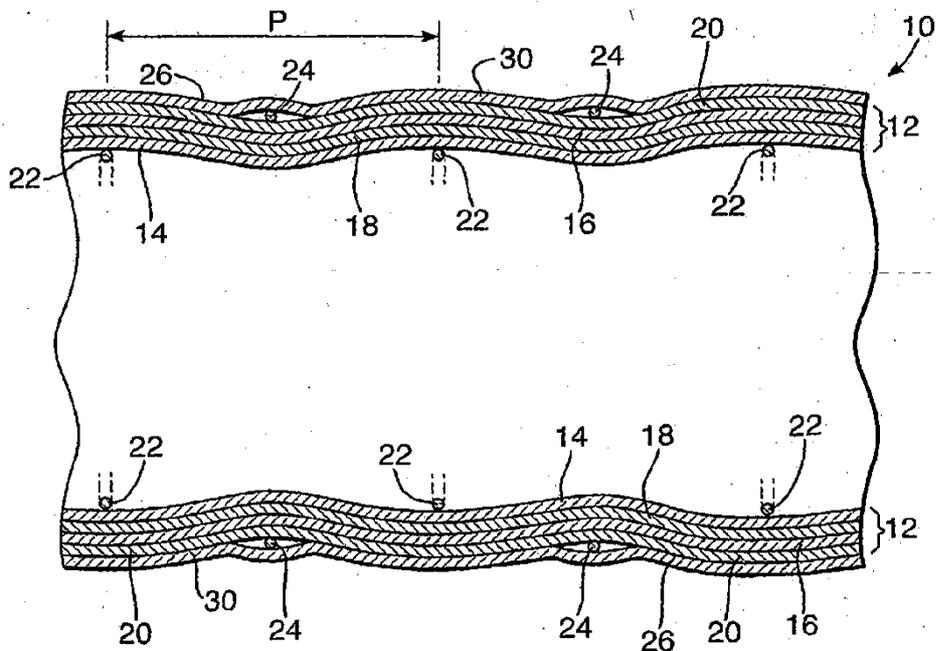


Fig.3.

