

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 020**

51 Int. Cl.:

**F16L 1/16** (2006.01)

**F16L 1/20** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2012** **PCT/FR2012/052825**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2013** **WO13083926**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2012** **E 12810363 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016** **EP 2788643**

54 Título: **Conjunto para el transporte de líquido por tubería y estructura flotante asociada**

30 Prioridad:

**07.12.2011 FR 1161294**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.03.2017**

73 Titular/es:

**VIA MARINA (100.0%)**  
**5 Cours Ferdinand de Lesseps**  
**92851 Rueil Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**LEBELLE, CLAUDE**

74 Agente/Representante:

**VIGAND, Philippe**

ES 2 606 020 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

Conjunto para el transporte de líquido por tubería y estructura flotante asociada

5 La invención se refiere a la instalación submarina de un tubo de transporte de líquido, típicamente de agua dulce.

Se trata en particular de un conjunto que comprende el tubo a colocar y el dispositivo de colocación sobre un sitio de tal tubo, típicamente utilizable para transportar agua dulce a lo largo de varios cientos de kilómetros (incluso más), siendo este tubo flexible y teniendo una sección deformable.

10 Tal tubo de transporte puede instalarse sobre un fondo marino, a una profundidad que puede ser de 200 m.

El tubo puede:

- 15
- disponerse entre un punto de expedición del agua dulce situado en tierra y unirse mediante un segmento que remonta desde la profundidad de colocación sumergida hasta la costa,
  - protegerse con una construcción de atracadero,
  - y conectarse a la unidad de bomba de expedición situada en tierra.

20 En el otro extremo, el tubo puede estar unido a la costa por una construcción de atracadero similar en su principio al descrito para el primer extremo y conectado a una instalación de recepción de agua dulce.

Unas chimeneas de equilibrado situadas en cada extremo del tubo, instaladas en tierra, permiten absorber las sacudidas eventuales de presión ("golpes de ariete"), que podrían producirse durante la explotación.

25 Unas instalaciones de pretratamiento situadas aguas arriba de la unidad de bombeo de expedición pueden permitir volver el agua dulce transportable.

30 Unas instalaciones de tratamiento situadas aguas abajo de las instalaciones de recepción permiten hacer que esta agua sea apropiada para el uso al que se destina.

Por lo tanto, es en este ámbito en el que la invención puede incluirse.

35 Un problema en este ámbito se refiere a la manera de concebir el tubo y su dispositivo de colocación para hacer que esta colocación sea práctica, relativamente rápida y fiable, de manera que la colocación le permita al tubo ser rápidamente operativo (transporte del líquido) una vez colocado.

Para proporcionar una solución favorable a la consideración de una parte al menos de esta problemática, se propone que el conjunto en cuestión comprenda:

- 40
- dicho tubo de transporte de líquido, presentando dicho tubo un eje longitudinal y siendo:
    - \* flexible,
    - \* deformable entre una sección interna circular y una sección interna aplanada que puede ser nula,
    - \* plegable sobre sí mismo longitudinalmente según una cinta aplanada (que puede presentar, en la ubicación de los pliegues, un radio de curvatura inferior al 10 % (preferentemente al 5 %) del diámetro de su sección interna circular) y,
  - un dispositivo de colocación, *in situ*, de dicho tubo, presentando el dispositivo de colocación un eje longitudinal y comprendiendo:
    - \* un carrete rotativo alrededor del cual está enrollado un primer tramo de tubo, en un estado aplanado de su sección,
    - \* una devanadora motorizada para desenrollar el tubo,
    - \* medios de presentación para presentar el uno enfrente del otro, en un estado comúnmente conformado, menos aplanado en sección que en el carrete,

el primer tramo de tubo procedente del carrete y un segundo tramo situado aguas abajo del primero con referencia al sentido de colocación del tubo,

- 60
- \* medios de ensamblaje para una unión estanca al agua entre el primer y el segundo tramos de tubo en el estado comúnmente conformado, y obtener dicho tubo alargado,
  - \* y, opcionalmente, medios de tensado para transmitir al tubo alargado una tensión axial de avance hacia la parte aguas abajo y/o de retroceso hacia la parte aguas arriba.
- 65

Un problema corolario se refiere a la manera de utilizar la naturaleza flexible, deformable y por lo tanto plegable del tubo para llegar a una solución efectiva para la problemática anterior, en particular en el ámbito de la unión de estos tramos.

Para ello, se propone que los medios de presentación anteriormente mencionados comprendan unos medios de conformación del primer y segundo tramos de tubo, presentando estos medios de conformación, aguas arriba y aguas abajo de los medios de ensamblaje, unas secciones que, respectivamente, aumentan y disminuyen desde la parte aguas arriba hacia la parte aguas abajo a lo largo del eje longitudinal del dispositivo de colocación, estando estas secciones seguidas por dichos primero y segundo tramos de tubo, cuando estos pasan alrededor y a lo largo de las mismas.

Así, se podrá, mediante una circulación del tubo a lo largo de un conformador interno (denominado en adelante "medios de conformación") obtener una deformación espontánea del tubo que se adaptará a la forma de la superficie exterior de este conformador.

Otro problema corolario se refiere a la manera de concebir el carrete y conformar el tubo para llegar a una solución efectiva para la problemática anterior.

Para ello, se propone:

- que el carrete presente una anchura orientada perpendicularmente al eje longitudinal del tubo, siendo esta anchura superior a la mitad del perímetro del tubo en un estado circular de la sección de este tubo, y estando el tubo enrollado alrededor del carrete, en plano o en un estado inmediatamente próximo a tal estado plano, no replegado sobre sí mismo, perpendicularmente a su eje longitudinal, o bien
- que el carrete presente una anchura orientada perpendicularmente al eje longitudinal del tubo, siendo esta anchura inferior a la mitad del perímetro del tubo en un estado circular de la sección de este tubo,
- y que el tubo esté enrollado en plano, replegado sobre sí mismo perpendicularmente a su eje longitudinal alrededor del carrete. En sección, el tubo puede entonces tener sustancialmente la forma de una C aplastada.

Dado que un tubo monobloque parece difícil de utilizar, y siendo la unión entre los tramos del tubo difícil de controlar en una colocación bastante rápida y que debe garantizar una estanqueidad (al líquido a transportar) sin fallos, en las uniones de estos tramos, con un tubo que está en un momento plano, o próximo a tal sección aplanada, y en otro redondeado o próximo a este estado de sección, se recomienda que los medios de presentación comprendan:

- un primer elemento destinado a recibirse en el interior del primer y segundo tramos del tubo, por medio de sus extremos libres respectivos,
- un segundo elemento hueco dispuesto alrededor del primer elemento, de manera que dichos primer y segundo tramos de tubo puedan interponerse, según el eje longitudinal del tubo, entre el primer y segundo elementos.

Para favorecer la conformación adecuada del tubo, se recomienda que los medios de presentación comprendan:

- un primer elemento destinado a recibirse en el interior del primer y segundo tramos de tubo, por medio de sus extremos libres respectivos,
- un segundo elemento hueco (exterior) dispuesto alrededor del primer elemento, de manera que dichos primer y segundo tramos de tubo puedan interponerse, según el eje longitudinal del tubo, entre el primer y segundo elementos, constanding uno al menos de estos primer y segundo elementos de primeros y segundos medios de arrastre situados en parte aguas arriba y en parte aguas abajo de los extremos libres a ensamblar (a priori empalmar) de dichos primer y segundo tramos de tubo, para arrastrar el primer o segundo tramo de tubo según el eje longitudinal del tubo, estando la parte aguas arriba de los primeros y/o segundos medios de arrastre adaptada para arrastrar temporalmente el primer tramo de tubo, según dicho eje longitudinal, por una distancia predeterminada, hacia el segundo tramo de tubo, o a la inversa, por medio de dicha parte aguas abajo hacia el primer tramo de tubo.

Y por este mismo afán de eficacia y de seguridad (evitando estirar exageradamente el tubo), se recomienda además que los segundos medios de arrastre estén unidos a unos medios de control para:

- cuando los primer y segundo tramos de tubo no están aún ensamblados, inactivar la parte aguas abajo de los primeros y/o segundos medios de arrastre con respecto al arrastre de dicho segundo tramo de tubo, y
- cuando los primer y segundo tramos de tubo están empalmados por los medios de ensamblaje, activar la parte aguas arriba y/o la parte aguas abajo de los primeros y/o segundos medios de arrastre con respecto al arrastre de dichos tramos de tubo ensamblados.

Así, se podrán ensamblar los tramos de tubo cuando sus secciones estén en un estado comúnmente conformado de su sección, al menos relativamente redondeado.

Para gestionar la colocación efectiva del tubo aguas abajo de los medios de tensado, si están previstos, o de los medios de ensamblaje, y típicamente arrastrar el tubo hacia abajo, en dirección al sitio de colocación, cuando el conjunto anteriormente mencionado está situado a un nivel de elevación superior al del sitio, se proponen dos soluciones que comprenden:

- bien un torno para amplificar dicha tensión axial, al menos para el avance del tubo, aguas abajo del torno, y por donde pasa este tubo con su sección interna aplanada o inmediatamente próxima,
- bien un sistema de lastrado que está hundido en el fondo en el agua y que:

- bien está unido a medios de amarre, al tubo, de dicho sistema de lastrado,
- o bien forma un monobloque con el tubo.

Si se utiliza un torno, para favorecer una aplicación controlada de las fuerzas sobre el tubo, favoreciendo al mismo tiempo una colocación bastante rápida y fiable, se recomienda que el torno sea de efecto cabrestante y comprenda así varios rodillos motorizados (preferentemente cada uno en el eje horizontal), cada uno para la transmisión de una parte de la tensión axial, y alrededor de los cuales pasa, sin un giro completo (ángulo inferior a  $2\pi$  radianes), el tubo alargado con su sección aplanada o inmediatamente próxima (sección interna que puede por lo tanto ser nula o inmediatamente próxima al cero).

En concordancia con la definición habitual en las canalizaciones submarinas, en este documento se denomina "hundido" en particular a un medio, tal como un lastre que, en un volumen de fluido, arrastra o mantiene hacia abajo de este volumen a un elemento unido a este medio.

Con un sistema de lastrado hundido, para favorecer el arrastre controlado del tubo hacia abajo (el fondo del agua si se trata de un sitio sumergido), se recomienda que el sistema de lastrado comprenda una cubierta de lastrado, flexible, que contenga, sin mezclar con el líquido a transportar, un material pesado de masa volumétrica superior a la del agua del mar, al tener el ensamblaje, sumergido en un fluido unos movimientos no estacionarios, tiende así a descansar sobre el fondo (80) de la zona de inmersión.

Un material granular resultará práctico de utilizar y fácil de encontrar y de transportar.

Para una colocación sumergida, y permitir así al tubo sumergido oscilar con respecto al sistema de lastrado, en función de los movimientos no estacionarios del fluido de inmersión, cuando la masa del sistema de lastrado provisto de su lastre mantiene éste esencialmente fijo, se aconseja que el sistema de lastrado esté provisto de un lastre y que los medios de amarre comprendan una unión flexible.

Para favorecer una colocación rápida y funcional del tubo, incluso en el mar, a pesar de los movimientos del fluido en el que se coloca, tales como el oleaje y/o las corrientes, con riesgos limitados de daños durante su colocación o posteriormente, una vez colocado, se propone asimismo prever medios de suministro de un material granular, como lastre, se aconseja entonces que estos medios de suministro (que descenderán por el fluido de inmersión) presenten una abertura de vertido del material granular, hacia el fondo, o en el fondo, del fluido donde el tubo está sumergido, dentro y en contacto con la cubierta de lastrado.

Unas características preferentes en tanto que pueden complementar útilmente la calidad de la proposición anterior, también se han previsto más adelante en la descripción.

Además, el dispositivo anterior se refiere también a una estructura flotante que comprende este dispositivo que se dispone entonces sobre un puente de esta estructura.

Para favorecer la rapidez buscada en cuanto a la colocación y ergonomía de las maniobras, se propone:

- que el carrete gire alrededor de un eje horizontal,
- que el carrete sea móvil sobre el puente, transversalmente al eje longitudinal del tubo, y que se monte de manera amovible sobre este puente,
- y que una grúa, para levantar carretes, se disponga en el puente, más cerca de un primer borde de la estructura flotante que de un segundo borde opuesto al primero, del lado del que un segundo carrete rotativo, alrededor del cual está enrollado un tercer tramo de tubo, puede izarse sobre el puente mediante dicha grúa.

Se recomienda la colocación del tubo por el espejo de popa de un barco motorizado, de posicionamiento dinámico.

Por otra parte, para sumergir el tubo en el agua, y mantenerlo sobre o hacia el fondo del sitio de inmersión, a medida que este tubo se sumerge bajo tensión detrás de la estructura flotante que se desplaza entonces por la superficie y a la que está unido por dicho conjunto, se recomienda que la estructura flotante comprenda:

- medios de desplazamiento para navegar, y
- medios de suministro de lastre que permiten suministrar tal lastre al sistema de lastrado, sobre o hacia dicho

fondo de inmersión, donde una primera parte del tubo y del sistema de lastrado del que está provisto ya está mantenida por un lastre ya presente en esta primera parte del sistema de lastrado.

El procedimiento de colocación correspondiente al mismo se considera asimismo en este documento como innovador.

A continuación también se presentan características y ventajas, con referencia a la descripción de un modo de realización que unos dibujos ilustran esquemáticamente, en los que:

- la figura 1 muestra de lado una estructura flotante de colocación, en este caso un barco de posicionamiento dinámico,
- la figura 2 muestra la parte trasera del barco y el tubo colocado en el fondo del mar,
- la figura 3 muestra un carrete operativo y el dispositivo conformador, aguas abajo,
- la figura 4 muestra, por arriba, el barco de colocación y los barcos/pontones de aprovisionamiento y de recuperación,
- las figuras 5a, 5b muestran un carrete y su entorno operativo, de lado y después de frente (flecha V),
- las figuras 6a, 6b muestran dos formas posibles para situar el tramo de tubo en cuestión alrededor del carrete,
- las figuras 7a, 7b, 7c, 7d, 7e muestran unos detalles del dispositivo conformador (partes aguas abajo y aguas arriba), al igual que en la figura 8 (para la parte intermedia), y la figura 9 (parte aguas abajo),
- la figura 10 muestra la parte trasera del puente del barco: medios de tensado, torno, y después medios de colocación de los lastres y rodillo trasero en proyección axial para el inicio de colocación del tubo lastrado,
- la figura 11 muestra un barco o un pontón de aprovisionamiento o de recuperación, en el puerto,
- la figura 12 muestra varios carretes a través del puente, de manera que el del centro sea operativo (se devana), el de arriba, lleno, esté en espera, y el de abajo, sin tubo, esté listo para ser evacuado fuera del barco de colocación,
- la figura 13 muestra la posible adición de un dispositivo para garantizar una compensación del oleaje y/o a la marejada, en el mar,
- la figura 14 muestra una variante de la figura 1, en términos de solución de colocación,
- la figura 15 muestra, en sección transversal al eje longitudinal (sección XV-XV), una unión flexible, de absorción de fuerzas, entre un tubo y su sistema de lastrado dispuesto al lado,
- la figura 16 muestra un tubo monobloque con su sistema de lastrado, respectivamente en sección transversal a su eje longitudinal, y
- las figuras 17, 18 muestran dos soluciones posibles para suministrar lastre en el fondo de la zona de inmersión, por ejemplo en el ámbito de la solución de la figura 14.

En la figura 1, en particular, se observa una estructura flotante 1 que comprende un dispositivo 10 de colocación en un sitio 11 de un tubo alargado 3 de transporte de líquido dispuesto sobre un puente 13 de la estructura flotante 1.

El dispositivo de colocación 10 permite colocar en el fondo marino (a varios cientos de metros, lejos de las costas, por ejemplo entre dos regiones del mundo) un tubo de transporte de líquido, *a priori* de agua dulce, destinada a ser bebida (después de un tratamiento de purificación, aunque solo sea para un máximo de seguridad alimentaria).

El tubo 3 presenta un eje longitudinal 30. Este tubo es flexible, de sección deformable entre una sección interna circular (figura 7b, diámetro interno d1) y una sección interna aplanada que puede ser nula. También es plegable sobre sí mismo longitudinalmente. Se puede prever, en la ubicación de los pliegues, un radio de curvatura inferior al 10 % (y preferentemente al 5 %) del diámetro de su sección interna circular.

En el ejemplo preferido ilustrado, el dispositivo de colocación 10 comprende:

- (al menos) un carrete rotativo 15 alrededor del cual está enrollado un primer tramo de tubo 3a en un estado aplanado de su sección (véanse las figuras 5a, 5b, 6),
- una devanadora 17 de rodillos tales como 17a, 17b, y provista de un motor 170 de arrastre en rotación, para desenrollar el tubo, en este caso el primer tramo 3a,
- medios de presentación 19 para presentar uno enfrente del otro, en un estado comúnmente conformado, más o menos redondeado o aplanado, de su sección, el primer tramo de tubo 3a que procede del carrete 15 y un segundo tramo 3b del tubo situado aguas abajo del primero con referencia al sentido 30a de colocación del tubo,
- unos medios de ensamblaje 21 para una unión estanca al agua entre el primer y segundo tramos de tubo 3a, 3b en el estado comúnmente conformado, y obtener (a medida que se ensamblan los tramos) el tubo 3 y, en este caso,
- medios de tensado 23 para transmitir al tubo 3 una tensión mecánica axial de avance f1 hacia la parte aguas abajo (AV) y/o de retroceso f2 hacia la parte aguas arriba (AM),
- un torno 25 para amplificar dicha tensión axial (tal como f3 en la figura 1), al menos para el avance del tubo 3 aguas abajo del torno,
- y, preferentemente, medios 27 de amarre de un (conjunto de) lastre 29 al tubo 3.

Así, la calidad de la realización de este tubo se verá favorecida y, para la colocación del tubo en el mar, se podrá tender a una seguridad, ergonomía y velocidad de colocación optimizadas.

Todavía en este ejemplo preferido, se aconseja que la estructura flotante 1, en lugar de un pontón o de una plataforma remolcada, o más generalmente movida por un barco auxiliar, sea, como se ilustra (véase en particular la figura 1), un barco 1' de posicionamiento dinámico que comprende de proa 1a a popa 1b:

- el(los) carrete(s) rotativo(s) 15,
- la(las) devanadora(s) 17 motorizada(s) que permiten por lo tanto desenrollar el tramo de tubo desde el(los) carrete(s) rotativo(s),
- los medios 19 de presentación del primer y segundo tramos de tubo 3a, 3b,
- los primeros medios de ensamblaje 21 entre estos primer y segundo tramos de tubo,
- los medios de tensado 23,
- el torno 25,
- y después los medios 27 de amarre del lastre 29. Los medios 27 de amarre pueden comprender unos nudos de enganche de peso de lastre alrededor del tubo y que pueden colgar por debajo del mismo, tal y como se ilustra.

Se aconseja un escalonamiento de estos medios los unos después de los otros a lo largo del eje longitudinal 10a del barco 1', desde la proa 1a hacia la popa 1b, paralelamente por tanto al eje longitudinal 30 de desenrollado del tubo.

Para facilitar y asegurar las maniobras de aprovisionamiento a bordo de los alargadores de tubos (sobre los carretes) y de evacuación de los carretes vacíos, se recomienda lo siguiente, tal y como se muestra esquemáticamente en las figuras 1, 3, 4 y 12: el carrete 15, o cada carrete, una vez en el estado operativo en el puente 13, girará alrededor de un eje horizontal, tal como 15a. Este carrete, para ser sustituido o transportado, será móvil sobre el puente 13, transversalmente al eje longitudinal del tubo (o al eje longitudinal 10a del barco) y estará montado de manera amovible sobre este puente. Se dispondrá una grúa 31, para izar los carretes, en el puente 13, más cerca de un primer borde 33a de la estructura flotante que de un segundo borde 33b opuesto al primero (figuras 4, 12). En el lado de este primer borde 33a, un segundo carrete rotativo 150, alrededor del cual estará por lo tanto enrollado un tercer tramo de tubo 3c, podrá izarse sobre el puente por medio de la grúa 31.

Así, para gestionar el aprovisionamiento de longitudes de tubos, se podrá, situando un primer barco de aprovisionamiento 111a (o cualquier estructura flotante equivalente) a lo largo del primer borde 33a, subir a bordo sobre el puente el tercer tramo de tubo 3c enrollado entonces alrededor del carrete suplementario 150 proporcionado por este primer barco de aprovisionamiento 111, mientras que en el borde opuesto 33b se podrá, a continuación o previamente, desembarcar (eventualmente a bordo de un segundo barco de aprovisionamiento 111b), el carrete vacío 15 a evacuar, todo ello mediante la grúa 31 (véase la figura 4).

Tal como se esquematiza en las figuras 5a, 5b, el carrete 15, como los otros después de él, podrá, por ejemplo a través de unas deslizaderas, montarse sobre unos raíles 35 orientados (u orientables) atravesados con respecto al eje 10a. En la maniobra de sustitución, como antes, el carrete 15 será móvil sobre los raíles 35 y amovible con respecto a éste. En la maniobra de desenrollado del tramo de tubo enrollado alrededor de éste, estará firmemente fijado a los raíles 35. Unos medios 37 liberables de fijación, por ejemplo con corchetes liberables, pueden permitirlo.

Para limitar el volumen de los carretes sin impedir la maniobra de los tramos de tubo, se proponen dos posibilidades:

la primera (véanse las figuras 5b y 6a) es que el carrete, tal como el 15, presente una anchura  $11$  orientada perpendicularmente al eje longitudinal 30 del tubo, siendo esta anchura superior a la mitad del perímetro exterior  $\Pi.d1/2$  del tubo en un estado circular de la sección de este tubo (véase la figura 7b). El (tramo en cuestión del) tubo está entonces enrollado alrededor del carrete 15, en plano no replegado sobre sí mismo.

Se debe entender que el tubo podría, no obstante estar entonces más bien en un estado inmediatamente próximo a tal estado en plano, es decir ovalado. Por ejemplo, la estructura del tubo podría volver difícil, incluso desaconsejar, tal aplastamiento completamente en plano del tubo. A este respecto, este tubo estará favorablemente constituido de un tubo de materia tejida en continuo de hilos sintéticos.

La segunda posibilidad (véase la figura 6b) es que el carrete presente una anchura  $12$ , orientada como anteriormente, pero que será entonces inferior a la mitad del perímetro  $\Pi.d1/2$ . El (tramo en cuestión del) tubo estará en este caso enrollado en plano (o en dicho estado inmediatamente próximo), replegado sobre sí mismo, alrededor del carrete.

Si se considera ahora los medios de presentación 19 - que permiten por lo tanto presentar y empalmar los tramos aguas arriba y abajo a considerar, tales como 3a, 3b en adelante - se prevé favorablemente lo siguiente, para asegurar este ensamblaje y garantizar un posicionamiento longitudinal de los tramos en cuestión del tubo, y en particular un avance, suficientemente rápido en buenas condiciones de seguridad:

Como se esquematiza en las figuras 3, 8 en particular, los medios de presentación 19 comprenden:

- un primer elemento 190a destinado, tal como una cuna cilíndrica expansible radialmente al eje 30, para ser recibido en el interior del primer y segundo tramos de tubo 3a, 3b, por medio de sus extremos libres respectivos a empalmar 30a, 30b,
- un segundo elemento hueco 190b dispuesto alrededor del primer elemento 190a, de manera que dicho primer y segundo tramos de tubo puedan interponerse, siguiendo el eje longitudinal 30 del tubo, entre el primer y segundo elementos 190a, 190b.

Al menos el primer elemento 190a, y también aquí el segundo elemento 190b exterior hueco, comprende, longitudinalmente, siguiendo el eje 10a (o 30), tres secciones distintas escalonadas desde aguas arriba hacia aguas abajo; véanse las figuras 3, 7a, 7b, 7c, 7d:

- una primera sección, aguas arriba, respectivamente 190a0, 190b0 cuya sección recta va aumentando hacia la parte aguas abajo siguiendo el eje 10a, enfrente del primer tramo de tubo 3a,
- una segunda sección intermedia, respectivamente 1900a0, 1900b0, cuya sección recta es (sustancialmente) constante siguiendo el eje 10a, justo antes y después de la zona de ensamblaje (medios 21, 22),
- una tercera sección, aguas abajo, respectivamente 190a3, 190b3, cuya sección recta va disminuyendo hacia la parte aguas abajo siguiendo el eje 10a, enfrente del segundo tramo de tubo 3b.

Estas secciones desempeñarán un papel conformador (sobre todo la primera y tercera secciones) con respecto al tubo que, así, desde la sección aplanada que tiene a la salida del carrete 15, podrá deformarse elásticamente, a fin de poder redondearse o siguiendo una sección redondeada, tal como una sección sustancialmente elíptica, en particular enfrente de los medios de ensamblaje 22, antes de volver a recobrar más o menos su sección aplanada al final de la sección 190a3, 190b3.

En la figura 7a, la tercera sección 190a3 pasa (aguas arriba, AM) desde una sección circular o elíptica de baja excentricidad, con un perímetro exterior ligeramente inferior al perímetro interior (II.d1) del tubo (figura 7b) a, más aguas abajo (AV), una sección en forma de óvalo muy alargada horizontalmente (figura 7d), con una gran anchura L1 de nuevo ligeramente inferior al perímetro interior (II.d1) del tubo que, como anteriormente, se adapta sustancialmente de manera elástica a esta forma que se le impone.

En la figura 7c, la primera sección 190a0 pasa (aguas arriba, AM) de la sección en forma de óvalo muy alargada horizontalmente (figura 7d), con una gran anchura L1, por su extremo aguas abajo (AV), a dicha sección circular o elíptica de baja excentricidad, con su perímetro exterior ligeramente inferior al perímetro interior (II.d1) del tubo (figura 7b).

La figura 7e muestra un estado intermedio de la sección, por lo tanto del tubo, siendo la evolución de sección favorablemente continua.

En las figuras 3, 9, se observa más exactamente una conformación preferida de las segundas secciones intermedias, 1900a0, 1900b0, de los elementos 190a, 190b. Estas secciones intermedias comprenden cada una parte aguas arriba 190a1, 190b1, y una parte aguas abajo 190a2, 190b2, respectivamente posicionadas, durante el empalme, frente a los primer y segundo tramos de tubo 3a, 3b (véase la figura 8).

Uno al menos de estos primer y segundo elementos, en este caso los dos, comprenderá preferentemente unos primeros y segundos medios de arrastre, para arrastrar el primer o el segundo tramo de tubo 3a, 3b, según el eje longitudinal 30. De nuevo, estos primer y segundo medios de arrastre comprenden cada uno una parte aguas arriba 191a1, 191b1, y una parte aguas abajo 190a2, 190b2, respectivamente posicionadas durante un empalme frente al primer y segundo tramos de tubo 3a, 3b (véase la figura 8).

Preferentemente, cada una de estas partes aguas arriba 191a1, 191b1, y aguas abajo 190a2, 190b2 estarán provistas de medios de apoyo y de separación regulables 195, tales como unos gatos hidráulicos que permiten ajustar la posición radial de los primeros y segundos medios de arrastre, a fin de ajustar la pared del tubo 3 entre los patines, en el radio deseado; véase la figura 8.

Preferentemente, la parte aguas arriba de estos primeros y/o segundos medios de arrastre 191a1, 191b1 está adaptada para arrastrar temporalmente, hacia la parte aguas abajo (AV) el primer tramo de tubo 3a según dicho eje longitudinal 30, a una distancia predeterminada, hacia el segundo tramo de tubo 3b situado entre la parte aguas abajo 190a2, 190b2, y cuyo extremo libre está posicionado enfrente de los medios de empalme 22. Muy eventualmente, se podría prever lo inverso: a través de dicha parte aguas abajo (191a2, 191b2) de los medios anteriormente mencionados, trasladar hacia la parte aguas arriba el segundo tramo de tubo 3b hacia el primero. Esto conllevaría una tensión sobre el tramo de tubo ya colocado que podría compensarse mediante un retroceso de la estructura de colocación.

Se aconseja que dichas partes aguas arriba y aguas abajo (191a1, 191b1; 191a2, 191b2) de los medios anteriormente mencionados estén dispuestas para actuar siguiendo el eje 10a/30, con una capacidad, *a priori*, para acercarse y alejarse por pares (191a1 con 191b1 y 191a2 con 191b2), transversalmente al eje anteriormente

mencionado, de manera que estén activos (con, si es necesario, una presión variable sobre el tubo) o inactivos en los momentos deseados (véase a continuación) frente al tramo o a los tramos de tubo dispuesto(s) enfrente.

Para evitar una longitud de deslizamiento excesiva, siguiendo el eje longitudinal 10a del barco, de los medios 190a, no compatible con el volumen máximo autorizado a bordo, se prevén unos topes axiales aguas abajo 20 y aguas arriba 24 (figuras 3, 9), aguas arriba y aguas abajo, en la ubicación de las secciones internas y externas 190a0, 190b0 y 190a3, 190b3.

Preferentemente, unos enganches flexibles 61 unirán axialmente las partes internas 190a0, 1900a, 190a3.

Con relación a lo anterior, se aconseja también, con el mismo objetivo que antes, que la parte aguas abajo 191a2, 191b2 de los primeros y/o segundos medios de arrastre, esté adaptada para arrastrar juntos hacia la parte aguas abajo el primer y segundo tramos de tubo (3a, 3b) ensamblados.

De hecho, se recomienda incluso que los segundos medios de arrastre estén unidos a unos medios de control 63 (figura 8), para:

- cuando el primer y segundo tramos de tubo (3a, 3b) no estén todavía ensamblados, inactivar la parte aguas abajo 191a2, 191b2, de los primeros y/o segundos medios de arrastre con respecto al arrastre de dicho segundo tramo de tubo, y
- cuando el primer y segundo tramos de tubo estén empalmados mediante los medios de ensamblaje 22, activar la parte aguas arriba y/o la parte aguas abajo 191a2, 191b2 de los primeros y/o segundos medios de arrastre con respecto al arrastre de dichos tramos de tubo ensamblados.

Se aconsejan unas acciones coordinadas de los primeros y segundos medios de arrastre para, en fase activa, actuar a ambos lados de la pared del tubo, contra ella, por ejemplo mediante unos gatos controlados por los medios de control 63 (figura 8, no se han ilustrado los medios de unión con la parte aguas abajo 191a2, 191b2).

De la misma manera, se recomienda que, una vez ensamblados el primer y segundo tramos de tubo a través de los medios 21, las partes tanto aguas arriba como aguas abajo 191a2, 191b2, de los primeros y segundos medios de arrastre sean activadas por el control 63, en coordinación con las maniobras del barco, y en particular su avance siguiendo el eje 10a.

El ensamblado entre los tramos 3a, 3b será preferentemente un empalme con el recubriendo de uno por el otro de los extremos de los tramos de tubo, en una distancia variable según los casos de las figuras, típicamente de 50 cm a 2 m (no representado).

Típicamente, los medios de ensamblaje 21 serán móviles transversalmente al eje 30, entre una posición separada, radialmente hacia atrás, de los extremos borde con borde de los tramos de tubo y una posición de ensamblaje, radialmente contra o inmediatamente próxima a estos extremos de los tramos 3a, 3b de tubo (véanse las dobles flechas de la figura 8).

Los medios de ensamblaje 21 podrán comprender unos medios de soldadura, tal como un anillo de soldadura 22 (figura 8) aplicable contra los extremos a soldar de los tramos 3a, 3b por los medios expansibles (y después retráctiles) de ensamblaje 21. Los tramos de tubo serán de material plástico fusibles (*a priori* reforzado por unas fibras, unos hilos, u otras estructuras de refuerzo mecánico de tubo flexible), ensamblables entre sí por termosoldadura, de manera estanca al líquido en cuestión.

Más preferentemente, los primeros medios 191a de arrastre temporal estarán inactivos con respecto al arrastre del segundo tramo de tubo 3b hasta que dichos extremos libres 30a, 30b del primer y segundo tramos de tubo queden unidos entre sí de manera estanca al agua por los medios de ensamblaje 21.

Así, se aliarán lo mejor posible, seguridad, ergonomía y rapidez de ensamblaje.

Aún más aguas abajo en el puente 13, se recomienda por otra parte que el torno 25 sea con efecto de cabestrante, con varios rodillos rotativos motorizados, tales como 25a, 25b, 25c, cada uno de eje horizontal, estando estos ejes desplazados en altura, preferentemente al menos dos de entre ellos con respecto a al menos el tercero; véase la figura 10 en particular. Aguas abajo de los medios 19 de presentación y 21 de ensamblaje (más cerca por lo tanto de la popa que ellos), el tubo alargado 3 pasa alrededor sucesivamente de estos rodillos rotativos. Cada rodillo gira (alrededor de un eje perpendicular al eje 30a o 10a) en sentido inverso al siguiente, escalonándose los rodillos a lo largo del eje longitudinal 10a y/o 30a. Por sus controles individuales, que pueden ser diferentes de un motor al otro, los motores de los rodillos rotativos permiten hacer que varíe la tensión sobre el tubo 3.

En lo referente ahora a la instalación del tubo, se puede destacar lo siguiente:

la instalación está organizada en una construcción marina continua entre los atracaderos aguas arriba y abajo.

La instalación de los atracaderos se efectúa en función de las características particulares del sitio de implantación de la obra.

- 5 Los medios utilizados comprenden esencialmente:
- una base 50 de operaciones marinas que es un puerto que puede recibir barcos de alta mar tales como 111a, 111b, que disponen de un muelle en aguas profundas y de medios 51 de manipulación de cargas pesadas, tales como grúas (figura 11),
  - el barco de colocación 1' (o la estructura flotante evocada), provisto por lo tanto de un sistema de posicionamiento dinámico 37 (con control centralizado 38 y hélices axiales 40 y laterales 42; véanse las figuras 1 y 4), con una superficie de puente 13 que permite instalar los dispositivos (15-27) apropiados anteriormente mencionados para la colocación de la obra (el tubo 3 con sus lastres 29). Con cubierta por ejemplo de unos 800 m<sup>2</sup> aproximadamente y abierto por su espejo de popa 112, está provisto de una grúa de borde 31 que favorablemente tendrá una compensación del oleaje,
  - los barcos de transporte, tales como 111a, 111b, pueden aprovisionar continuamente de tramos de tubo flexible y de lastres al barco de colocación 1' (figuras 4, 11). Estas cargas son por lo tanto transferidas a bordo del barco de colocación con la ayuda de la grúa de borde,
  - se pueden utilizar unos barcos de reconocimiento de los fondos submarinos (en inglés "survey boats") para verificar aguas arriba en la colocación la ausencia de obstáculo en la ruta predefinida para la obra, y aguas abajo para verificar la posición correcta de la obra, tras su colocación sobre el fondo marino.

25 Una alternativa al posicionamiento dinámico del soporte naval (barco) o de la estructura flotante en cuestión consistiría en utilizar un sistema de anclaje estático que comprenda varias, por ejemplo seis u ocho, líneas de anclas a desplazar en intervalos regulares. Los servomecanismos de los tornos estarían entonces preferentemente dirigidos por la posición absoluta del soporte naval. Esta no es la solución preferida, teniendo en cuenta la colocación deseada.

30 El montaje del carrete 15 con su tramo de tubo flexible sobre la devanadora motorizada 17 permite desenrollar el tubo a la velocidad requerida para la colocación.

A continuación, el desenrollado y el avance de este tramo de tubo (ya aplanado) hasta la zona de empalme 190 permiten volver a llevar el tubo a una forma de cilindro con base circular, u ovalada, lo que permite el ensamblaje anteriormente mencionado citado de sus extremos.

40 Para ello, la zona de empalme 190 está por lo tanto provista de dichos medios 19 anteriormente mencionados presentes en el interior del tubo y que transitan en los dos tramos, tales como 3a, 3b, a una distancia axial limitada por los topes aguas abajo 20 y aguas arriba 24 (figura 3), durante la colocación.

En la estación de empalme, el extremo 3b de los tramos de tubo ya empalmados el uno tras el otro y en curso de colocación, se inmoviliza con la ayuda de los medios de presentación 19. El extremo del tramo 3a de prolongación se lleva entonces al nivel de la estación de empalme y se inserta en los medios de presentación 19, entre las estructuras 190a y 190b.

45 Los extremos de dichos tramos aguas arriba y aguas abajo se empalman después.

50 Aguas abajo de esta estación de empalme, la parte aguas abajo 190a3 del dispositivo conformador 190a presente en el interior del tubo y que transita entonces por el tubo permite volver a llevar el tubo flexible 3 a su forma de cinta aplanada (o por lo menos más plano).

55 El tubo 3 entra entonces en el dispositivo de tensado 230 que, a través de los medios de tensado 23 que comprende, y que pueden constar de unas orugas con velocidad de rodadura y presión sobre el tubo, dirigidas de manera variable, le transmitirá por lo tanto una tensión axial. Esto puede por lo tanto realizarse por fricción, por lo tanto bajo presión, entre los medios de contacto anteriormente mencionados y en este caso las paredes exterior e interior del tubo 3.

60 Los medios de tensado 23, 230 están ventajosamente dirigidos por el avance del barco de colocación para hacer avanzar el tubo flexible hacia la parte trasera 1b (aguas abajo) del barco de colocación a la misma velocidad que este barco avanza por medio de su(s) motor(es) de desplazamiento.

Un pilotaje motorizado, y que caso necesario puede ser servomecanizado, de los medios de tensado 23 permite hacer avanzar o retroceder el tubo flexible en estos medios de tensado.

65 El tubo pasa después, más aguas abajo, por el torno 25 en el que la tensión presente en el tubo 3 se amplifica por la aplicación de un par sobre cada uno de los rodillos, o tambores, anteriormente mencionados del torno. Si, como se

prefiere, el torno consta de varios rodillos sucesivos sobre los que el tubo 3, sometido a una tensión axial que le presiona contra la pared exterior del rodillo, está asimismo sometido a una tensión creciente debido a la fricción existente entre el tubo flexible y la superficie del rodillo. El torno, en este caso los rodillos 25a, 25b, 25c, está(n) dirigido(s) en función del avance del tubo 3 por los medios de tensado 23.

A la salida del torno, la tensión presente en el tubo 3 es un múltiplo de la tensión aplicada por los medios de tensado 23. Este múltiplo depende de los controles en rotación de los motores de los rodillos del torno 25.

Por la tensión que imponen al tubo (presión ejercida), los medios de tensado 23 dirigen el torno 25, siendo dependientes del avance del barco 1'.

El tubo 3 llega entonces al rodillo trasero 60 del barco de colocación en el que se apoya al principio del trecho libre entre el barco de colocación y el fondo marino 11 (véase la figura 2 en particular).

Aguas abajo (parte trasera) de este rodillo trasero, los lastres 29 están amarrados al tubo 3 para terminar la preparación de la obra 3, 29 a sumergir, que comprende por lo tanto el tubo flexible 3 y sus lastres.

Se recomienda *a priori* que los lastres 29 estén amarrados al tubo flexible a intervalos regulares.

Un dispositivo de manipulación de los lastres permite favorablemente presentarlos a intervalos regulares en la estación de amarre. El amarre, para cada lastre, puede realizarse mediante un aro 65 que rodea el tubo y al que está suspendido, por un cable 67, un peso que forma un lastre. Después de pasar el aro alrededor del tubo, este se aprieta para mantenerlo en su sitio. El documento FR-A-2859265 divulga una solución de lastrado.

Cuando el sistema de lastrado está amarrado al tubo flexible, el conjunto pesa y se hunde en el agua del mar. El trecho libre entre el fondo y la superficie adopta la forma de una cadena cuyos parámetros dependen de las características del proyecto: peso hundido del conjunto, profundidad del agua y tensión de colocación.

A medida que el barco de colocación 1, avanza después del empalme/ensamblado de los elementos del tubo, tales como 3a, 3b, los medios de tensado y el torno hacen avanzar el tubo flexible 3 hacia la parte aguas abajo (parte trasera) del barco de colocación y el trecho libre se desplaza conservando sustancialmente su forma de equilibrio.

Una longitud de la obra 3, 29 se deposita sobre el fondo, correspondiendo esta longitud sustancialmente a la longitud a la que los medios de tensado 23 han hecho avanzar el tubo, a una tensión relativamente constante.

El trecho libre tiene una longitud determinada por la tensión horizontal aplicada en la cabecera de la obra 3, 29.

En la figura 13, se observa un posible dispositivo 70 de recuperación controlada de la longitud del tubo y liberación de flexibilidad (de este mismo tubo 3) que puede estar previsto para garantizar una compensación del oleaje en el mar del barco 1', o de la estructura naval en cuestión si está sometida al mismo, incluso de la marejada. Se trata en este caso de limitar el efecto sobre el tubo 3:

- de este movimiento en translación del barco, que corresponde al movimiento de arriba a abajo del casco,
- y/o del movimiento de un barco de delante hacia atrás, provocado en general por su choque contra las olas.

Para ello, segundos medios de tensado 72 situados aguas arriba (AM) de los primeros medios de tensado 23 permiten retener axialmente o liberar el traslado axial del tubo 3. El tubo está entonces en un estado aplanado, preferentemente plano con su sección interna nula. Los segundos medios 72 pueden ser los mismos que los primeros 23. A uno y/u otro de estos medios de tensado 23, 72, está funcionalmente unida una reserva 71 de longitud del tubo que permite dejar correr o recuperar una longitud de este tubo 3, en función del oleaje y/o de la marejada. El rodillo trasero 60 puede ser una referencia de posicionamiento a este respecto. Y se prevé preferentemente un servomecanismo 77 para este(estos) movimiento(s) del barco, o de la estructura, que tiene en cuenta unas sobretensiones y unas tensiones bajas ("mouts") mecánicas detectadas por un sensor del sistema de servomecanismo 77. La reserva 71 puede comprender unos rodillos (en este caso dos) 710 de posiciones variables, alrededor de los cuales pasa el tubo entre los dos medios de tensado 23, 72 y que alargan o acortan más o menos el trayecto de circulación, desplazándose en este caso entre dos posiciones 73, 75 respectivamente más próxima y más alejada del eje de referencia 30 del tubo que une los dos medios de tensado 23, 72. Como se ilustra, los segundos medios de tensado 72 están situados preferentemente aguas abajo (AV) del dispositivo de presentación 19 y de los medios de ensamblaje 21, en este caso aguas abajo de los medios de conformación aguas abajo 190a/190b3. Precisamente, colocados entre la estación de empalme y el tensor dispuesto a la entrada del torno con efecto de cabestrante, estos medios 72 permitirán hacer avanzar el tubo a una velocidad constante y por lo tanto al torno y a su tensor funcionar a una velocidad constante. Se podrá mantener constante la tensión en el trecho libre, liberando o retomando longitud de tubo, según el estado del mar.

En este caso, en estos segundos medios de tensado 72, y por supuesto también más aguas abajo, el tubo 3 presentará una sección aplanada durante su colocación.

Tal y como se ilustra, estos medios 72 podrán estar esencialmente constituidos por un marco que lleva tres tambores o rodillos paralelos, de los cuales dos fijos y uno móvil, que se deslizan perpendicularmente a su eje a lo largo del marco. El tubo flexible 3 entra en tensión en este dispositivo al nivel del tambor aguas arriba (AM) fijo, remonta sobre el tambor móvil y vuelve a bajar al nivel del tambor fijo aguas abajo. El tambor móvil puede mantenerse en posición mediante unos gatos hidráulicos que pueden hacerle subir o bajar paralelamente a su eje. La longitud de flexibilidad entre la entrada y la salida del dispositivo es variable, y determinada por la posición del tambor móvil. Los gatos hidráulicos pueden estar servomecanizados al sistema de gestión de la posición del soporte naval (posicionamiento dinámico).

Se señala asimismo en la figura 13 la disposición sustancialmente en una misma horizontal de la salida de los medios de conformación aguas abajo 190a/190b3, de los medios 72, 23 y de la llegada hacia el rodillo trasero 60.

En lo anterior, debe estar claro que el lastrado del tubo 3 podría realizarse de otra manera, en particular mediante un lastrado esencialmente continuo. Por ejemplo, el tubo (y sus tramos de prolongación aguas arriba 3a) podría(n) estar provisto(s) de un burlete por ejemplo longitudinal, segmentado en compartimentos, huecos rellenos o a rellenar de un material pesado (de masa volúmica superior a la del agua dulce transportada) y que se podría interrumpir (de manera estanca) cerca de cada extremo libre de empalme, ahí donde deben intervenir los medios de ensamblaje tales como 21, 22. El burlete longitudinal, segmentado en compartimentos, podría formar un monobloque con el tubo y de un material flexible, permeable, comparable al de este tubo para ser plegable y resistente como el mismo. En interés de la realización y eficacia (en particular de la rapidez) de la colocación, se recomienda a pesar de todo la utilización de un lastrado, discreto o no, pero no monobloque con el tubo, con un amarre del lastre al tubo alargado aguas abajo de los medios de tensado y del torno.

Se podría también prever que el lastre se coloque en parte con el tubo y en parte después de la colocación del tubo.

En la figura 14 y siguientes, se ilustra una solución de colocación diferente, sin torno, por lo tanto ejerciéndose unas fuerzas menores sobre el tubo 3 (tramos empalmados).

Aún se pueden considerar dos posibilidades para arrastrar el tubo 3 hacia abajo, en dirección al sitio 80 sumergido de colocación, mientras que la estructura flotante, o el barco de colocación, 1, 1', 1" está situado a un nivel de elevación 82 superior al del sitio:

- un sistema de lastrado 290, 291, 295 que está unido a unos medios 69 de amarre al tubo de dicho sistema de lastrado (figura 15), o
- un sistema de lastrado que forme un monobloque con el tubo (figura 16).

En los dos casos, el sistema de lastrado se hunde en el agua.

En las figuras 15, 16 el sistema de lastrado comprende una cubierta 291 de lastrado, flexible, que contiene, sin mezclar con el líquido a transportar, un lastre 295 de masa volúmica superior a la del agua de mar, la cubierta, así lastrada y sumergida en un fluido (líquido 81 en este caso) que tiene movimientos no estacionarios, tiende a descansar sobre el fondo 80 del sitio de inmersión.

En la figura 16, el tubo 3 del tipo ya presentado está provisto de un sistema de lastrado 290 monobloque con el mismo y que comprende (al menos) un burlete tubular definido por la membrana 291 que se conecta a la del tubo para formar una bolsa 293 en la que se dispone el material pesado 295 de lastrado. Favorablemente, el burlete, hueco y flexible, se extenderá longitudinalmente, paralelo al eje 30; podrá estar segmentado o compartimentado.

Con las figuras 17, 18, se puede observar que, si un material granular sirve para el lastrado del tubo 3, los medios 83 de suministro de este material, tal como un conducto flexible, presentarán favorablemente una abertura 83 terminal de vertido del material, hacia el fondo (figura 18), o al fondo (figura 17) del fluido 81 en el que el tubo está sumergido, dentro y en contacto con la cubierta 291 de lastrado.

Se debe entender en este caso que si bien se puede lastrar el tubo 3 antes de sumergirle (como en las figuras 1, 10) coincidiendo el sistema de lastrado y el(los) lastre(s), se prefiere disponer el lastre más tarde, en particular:

- una vez que el tubo 3 y el (tramo situado enfrente del mismo del) sistema de lastrado (hasta ahora vacíos o esencialmente vacíos) 290 se han llevado a una proximidad inmediata del fondo 80 por encima del cual se extiende el fluido 81 de colocación (desde algunos metros hasta decenas de metros del fondo), como en la figura 18), o
- una vez que el tramo (tal como 291a) del burlete que hace frente al tramo correspondiente (tal como 3a) de tubo está ya sustancialmente extendido a lo largo del fondo 80, como en la figura 17.

Se entiende que, en los dos casos, se seleccionará una cubierta 291 tubular que forma un burlete longitudinal único o un número limitado de burletes muy alargados (cada uno de varios cientos hasta varios miles de metros).

Y entonces, preferentemente:

- con los tramos del tubo 3 previamente empalmados y provistos del sistema de lastrado (monobloque o no), el burlete se sumergirá vacío o esencialmente vacío, y
- con el tubo 3 y el burlete 291 sumergidos, se suministrará en dicho burlete un material de masa volumétrica superior a la del fluido 81.

Para lastrar el tubo 3 con un material granular (tal como arena), se recomienda por otra parte, con referencia a la figura 14, que el conducto 83 de suministro del material granular de lastrado 295 se alimente desde la superficie 82. Se puede prever que, justo más allá de la estructura o barco de colocación 1" (típicamente detrás), el conducto 83 esté sumergido, en el burlete tubular 291 (véanse las figuras 17, 18), en paralelo al tubo, después de que, (*a priori* sobre la estructura flotante 1") se haya provisto este tubo de su sistema de lastrado 290. Se recuerda que en este momento, este último hace entonces que el conjunto de tubo/sistema de lastrado se hunda hasta el fondo, o no, ya que el lastre en sí no está necesariamente presente todavía. Por el contrario, el amarre 27 del sistema de lastrado al tubo ya se ha realizado, preferentemente aguas abajo del ensamblaje de los tramos de tubos entre sí.

Por otra parte, en un líquido de inmersión, tal como 81 (agua de mar en este caso), animado de movimientos no estacionarios, se preferirá *a priori* la solución de la figura 16 a la de la figura 15 en la que el sistema de lastrado, provisto del lastre 295 en la cubierta 291, está amarrado al tubo mediante una unión flexible 69 (que pertenece a los medios de amarre 27).

De esta manera, y como se puede ver asimismo en la figura 2, se permitirá al tubo 3 sumergido (y relleno de agua dulce) oscilar (en el agua de mar) con respecto al sistema de lastrado, en función de movimientos no estacionarios del líquido de inmersión, mientras que la masa (29, 295) del sistema de lastrado provisto de su lastre mantiene éste esencialmente fijo (véase la doble flecha en la figura 15).

Cabe señalar por otra parte que en las figuras 2, 14-15, 17-18, se buscó ilustrar la ventaja que puede haber por lo tanto cuando el tubo 3 esté amarrado con una capacidad de movimiento con respecto al lastre, haciendo pasar un aro 65 alrededor del tubo y/o de un cable, tal como 67, preferentemente flexible, o también de una solución de correa flexible 69.

Con respecto a la de las figuras 1-2, la solución de las figuras 14-15, 17-18 tiene además como ventaja evitar la aplicación al tubo, en el momento de sumergirlo, de las tensiones axiales impuestas por la solución de la figura 1, y aplicadas en particular por el torno 25. Desde luego, es preferible que el tubo 3, a sumergir a través del rodillo de popa 73 del barco 1", esté sustancialmente tenso axialmente, pero sobretudo la masa ya sumergida de la cinta alargada que forma la parte de tubo 3 ya en el fondo y sometida al(los) lastre(s) que garantiza la bajada hacia el fondo 80 de la continuación del conjunto 3/290 (en este caso no lastrado durante la bajada), siguiendo una pendiente inclinada 77 (véase por lo tanto la figura 14), esto en combinación con el avance del barco 1" tal que su eje longitudinal 10a, el 30 del tubo lastrado en el fondo y la dirección de avance 75 sean sustancialmente paralelos, desenrollándose el tubo lastrado y posándose en el fondo, detrás del barco 1".

También cabe destacar (en comparación con la del torno de las figuras 1-13) la limitación de tensión mecánica sobre el tubo 3 garantizada por la solución de las figuras 14 y siguientes que permite sumergir el tubo en el agua 81, y mantenerlo sobre o hacia el fondo 80 del sitio de inmersión, a medida que este tubo se sumerge bajo tensión detrás de la estructura flotante 1", que se desplaza por la superficie (82) y a la que está unido por el dispositivo de colocación (carrete 15, devanadora motorizada 17, medios de presentación 19, medios de ensamblaje 21, 22, etc.).

Para ello, la estructura flotante 1" comprende por lo tanto (al igual que 1, 1'):

- unos medios (tales como 38, 40, y/o 42) que le garantizan un desplazamiento motorizado, para navegar, y
- unos medios (tales como 83) de suministro de lastre (tal como 295) que permiten suministrar tal lastre al sistema de lastrado 290, sobre o hacia dicho fondo de inmersión 80 (véanse las figuras 17 o 18), en el que (tal como se muestra por ejemplo en la figura 17) una primera parte del tubo (3a) y del sistema de lastrado (290a) del que está provista está ya mantenida, por un lastre ya presente en esta primera parte del sistema de lastrado.

Se debe entender que al igual que se puede lastrar el tubo 3 antes de sumergirlo (como en las figuras 1, 10) coincidiendo el sistema de lastrado y el(los) lastre(s) (también denominados masas pesadas), se podrá también por igual preferir disponer el lastre más tarde, en particular:

- una vez que el tubo 3 y el (tramo situado enfrente del mismo del) sistema de lastrado (hasta ahora vacío o esencialmente vacío) 290 hayan llegado hasta la proximidad inmediata del fondo 80 por encima del cual se extiende el fluido 81 de colocación (desde algunos metros hasta decenas de metros del fondo), como en la figura 18, o
- una vez que el tramo (tal como 291a) del burlete que hace frente al tramo correspondiente (tal como 3a) del tubo esté ya sustancialmente extendido a lo largo del fondo 80, como en la figura 17.

Se entiende que, en estos dos últimos casos, se seleccionará un burlete longitudinal 291 único o un número limitado de burletes muy alargados (cada uno de varias centenas hasta varios miles de metros).

Siempre especialmente para controlar las fuerzas de colocación, se podrá entonces, preferentemente:

- 5       - con los tramos de tubo 3 previamente empalmados y provistos del sistema de lastrado (monobloque o no), el burlete 291 se sumergirá vacío o esencialmente vacío, y
- 10      - con el tubo y el burlete sumergidos, se suministrará en dicho burlete un material de masa volúmica superior a la del fluido 81.

## REIVINDICACIONES

### 1. Conjunto que comprende:

- 5       - un tubo (3) de transporte de líquido, presentando este tubo un eje longitudinal y siendo:
- \* flexible,
  - \* deformable entre una sección interna circular y una sección interna aplanada que puede ser nula,
  - \* plegable sobre sí mismo longitudinalmente, y
- 10       - un dispositivo de colocación de dicho tubo sobre un sitio; presentando el dispositivo de colocación un eje longitudinal y comprendiendo un carrete (15) rotativo alrededor del cual está enrollado un primer tramo de tubo,
- 15       caracterizado por que:
- dicho primer tramo de tubo está enrollado alrededor del carrete (15) en un estado aplanado de su sección, según una cinta aplanada,
  - y el dispositivo de colocación comprende además:
- \* una devanadora motorizada (17) para desenrollar el tubo,
  - \* unos medios de presentación (19) para presentar el uno frente al otro, en un estado comúnmente conformado, menos aplanado en su sección que en el carrete, el primer tramo de tubo procedente del carrete y un segundo tramo situado aguas abajo del primero con referencia al sentido de colocación del tubo,
  - \* unos medios de ensamblaje (21, 22) para una unión estanca al agua entre el primer y segundo tramos de tubo en el estado comúnmente conformado, y obtener dicho tubo alargado,
  - \* y, opcionalmente, unos medios de tensado (23) para transmitir al tubo alargado una tensión axial de avance hacia la parte aguas abajo y/o de retroceso hacia la parte aguas arriba.

30       2. Conjunto según la reivindicación 1, caracterizado por que los medios (19) de presentación comprenden unos medios de conformación del primer y segundo tramos de tubo, presentando estos medios de conformación, aguas arriba y aguas abajo unos medios de ensamblaje, unas secciones que aumentan y disminuyen respectivamente desde la parte aguas arriba hacia la parte aguas abajo a lo largo del eje longitudinal del dispositivo de colocación, y por que dichos primer y segundo tramos de tubo siguen, pasando alrededor y a lo largo de estas secciones.

### 3. Conjunto según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que:

- el carrete (15) presenta una anchura orientada perpendicularmente al eje longitudinal del tubo, siendo esta anchura superior a la mitad del perímetro del tubo, en un estado circular de la sección de este tubo,
- 40       y el tubo está enrollado alrededor del carrete, en plano o en un estado inmediatamente próximo a tal estado en plano, no replegado sobre sí mismo, perpendicularmente a su eje longitudinal, o
- el carrete presenta una anchura orientada perpendicularmente al eje longitudinal del tubo, siendo esta anchura inferior a la mitad del perímetro del tubo en un estado circular de la sección de este tubo, y el tubo está enrollado en plano, replegado sobre sí mismo perpendicularmente a su eje longitudinal, alrededor del carrete.

### 4. Conjunto según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de presentación comprenden:

- un primer elemento (190a, 190a1, 191a2) destinado a ser recibido en el interior del primer y segundo tramos de tubo, por medio de sus extremos libres respectivos,
- un segundo elemento hueco (190b, 190b1, 191b2) dispuesto alrededor del primer elemento, de manera que dichos primer y segundo tramos de tubo puedan interponerse, siguiendo el eje longitudinal del tubo, entre el primer y segundo elementos.

60       5. Conjunto según la reivindicación 4, caracterizado por que al menos uno del primer y segundo elementos consta de unos primeros y segundos medios de arrastre (191a1, 191b1, 191a2, 191b2) situados en parte aguas arriba y en parte aguas abajo de los extremos libres (30a, 30b) a ensamblar de dichos primer y segundo tramos (3a, 3b) de tubo, para arrastrar el primer o segundo tramo de tubo según el eje longitudinal del tubo, estando la parte aguas arriba (191a1, 191b1) de los primeros y/o de los segundos medios de arrastre adaptada para arrastrar temporalmente el primer tramo de tubo (3a), según dicho eje longitudinal, a una distancia predeterminada, hacia el segundo tramo (3b) de tubo, o a la inversa, a través de dicha parte aguas abajo (191a2, 191b2) hacia el primer tramo (3a) de tubo.

6. Conjunto según la reivindicación 5, caracterizado por que los segundos medios de arrastre están unidos a unos medios de control (63) para:

- cuando el primer y segundo tramos de tubo (3a, 3b) no están aún ensamblados, inactivar la parte aguas abajo (191a2, 191b2) de los primeros y/o segundos medios de arrastre frente al arrastre de dicho segundo tramo de tubo, y
- cuando el primer y segundo tramos de tubo (3a, 3b) están empalmados por los medios de ensamblaje (22), activar la parte aguas arriba y/o la parte aguas abajo (191a2, 191b2) de los primeros y/o segundos medios de arrastre con respecto al arrastre de dichos tramos de tubo ensamblados.

7. Conjunto según una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende un sistema de lastrado (29, 290, 295) que está hundido en el agua y que está unido a unos medios (27, 65, 67, 69) de amarre al tubo (3) de dicho sistema de lastrado de manera que el tubo y el sistema de lastrado no sean monobloques.

8. Conjunto según la reivindicación 7, en el que:

- el sistema de lastrado comprende una cubierta (291) de lastrado flexible, que forma al menos un burlete tubular y apropiado para contener, sin mezclarse con el líquido a transportar, un lastre (295) de masa volúmica superior a la del agua de mar,
- y la cubierta (291) que, con el tubo (3), está sumergida vacía o esencialmente vacía, sobre una parte al menos de la profundidad de inmersión, y después así lastrada por medio de un conducto (83) de suministro de dicho material granular alimentada desde la superficie (82) del líquido de inmersión y sumergida, en el burlete tubular, tiende, en un fluido que tiene unos movimientos no estacionarios, a descansar sobre el fondo (80) del sitio de inmersión.

9. Conjunto según una de las reivindicaciones 7 u 8, en el que los medios (27) de amarre comprenden una unión flexible (67, 69, 69b)

que permite una distancia entre el tubo y el sistema de lastrado, en función de los movimientos no estacionarios del líquido de inmersión y cuando la masa (29, 295) del sistema de lastrado provisto de su lastre mantiene este esencialmente fijo, con una posibilidad de oscilación del tubo sumergido con respecto a dicho sistema de lastrado (29, 290, 295).

10. Conjunto según la reivindicación 7 o las reivindicaciones 7 y 9,

- en el que el sistema de lastrado comprende una cubierta (291) de lastrado flexible, apropiada para contener, sin mezclarse con el líquido a transportar, un lastre (295) de masa volúmica superior a la del agua de mar, tendiendo la cubierta (291) así lastrada y sumergida en un fluido que tiene unos movimientos no estacionarios, a descansar sobre el fondo (80) del sitio de inmersión,
- y que comprende unos medios (83) de suministro de un material granular, como lastre, presentando dichos medios (83) de suministro una abertura (830) de vertido del material granular, hacia el fondo, o en el fondo, del fluido (81) en el que el tubo está sumergido, dentro y en contacto con la cubierta de lastrado (291), por medio de un conducto (83) de suministro de dicho material granular alimentado desde la superficie (82) del líquido de inmersión.

11. Conjunto según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que comprende un torno (25) para amplificar dicha tensión axial, al menos para el avance del tubo alargado, aguas abajo del torno, y donde pasa este tubo con su sección interna aplanada o inmediatamente próxima.

12. Conjunto según la reivindicación 11, caracterizado por que el torno tiene un efecto de cabestrante y comprende así varios rodillos motorizados, cada uno para la transmisión de una parte de la tensión axial, y alrededor de los cuales pasa, sin un giro completo, el tubo alargado con su sección aplanada o inmediatamente próxima.

13. Estructura flotante que comprende el conjunto según una de las reivindicaciones anteriores, dispuesto sobre un puente (13) de la estructura flotante.

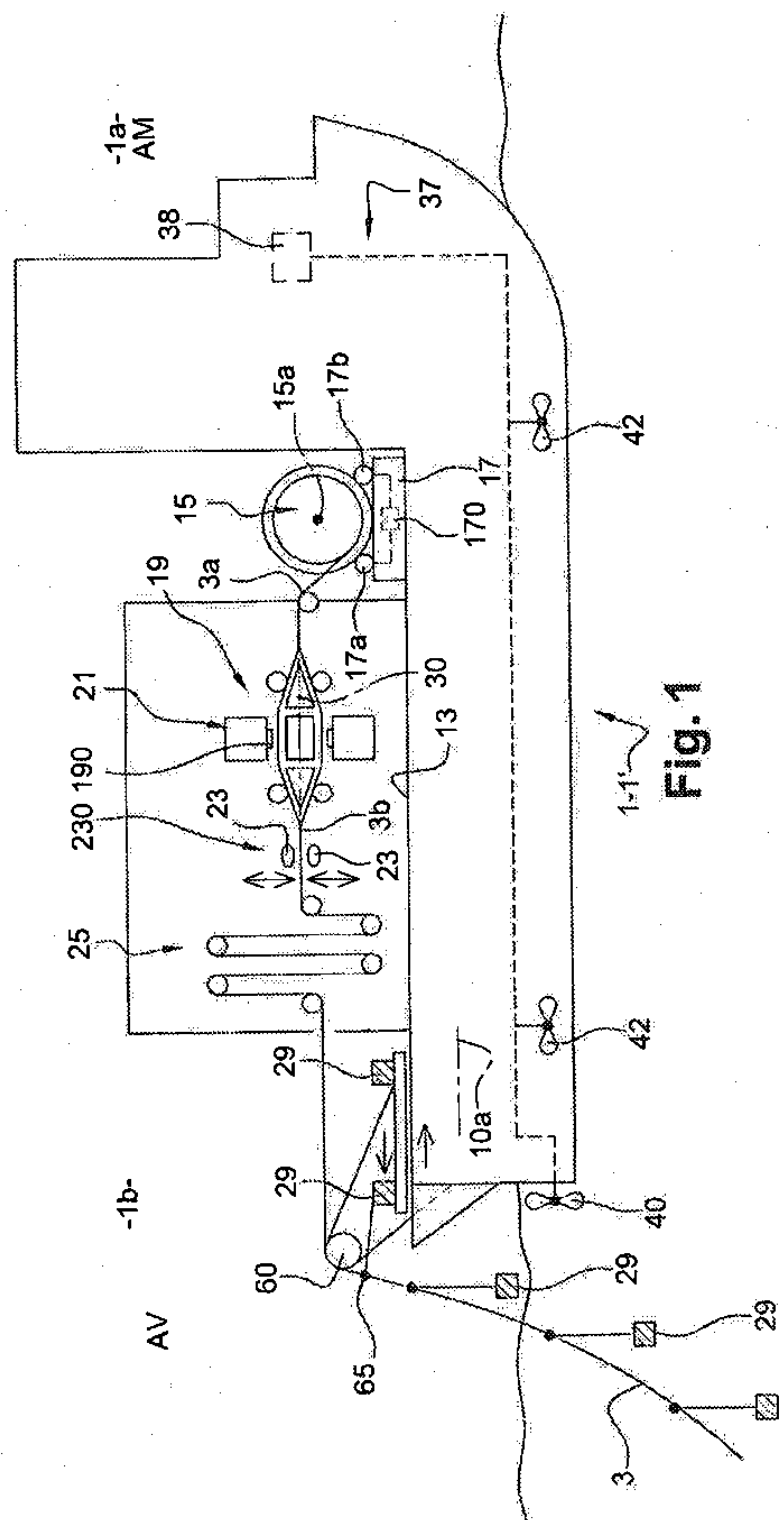
14. Estructura flotante según la reivindicación 13, caracterizada por que:

- el carrete (15) gira alrededor de un eje horizontal (15a),
- el carrete es móvil sobre el puente (13), transversalmente al eje longitudinal (30) del tubo, y está montado de manera amovible sobre este puente,
- y una grúa (31), para elevar los carretes, está dispuesta en el puente, más cerca de un primer borde de la estructura flotante que de un segundo borde opuesto al primero, del lado del que un segundo carrete rotativo alrededor del cual está enrollado un tercer tramo de tubo, puede elevarse sobre el puente mediante dicha grúa.

15. Estructura flotante según la reivindicación 13, que comprende, para sumergir dicho tubo en el agua, y mantenerlo sobre o hacia un fondo (80) del sitio de inmersión, a medida que este tubo se sumerge vacío, bajo tensión, detrás de dicha estructura flotante que se desplaza por la superficie y a la que está unido por dicho conjunto:

- 5 - unos medios de desplazamiento para navegar, y
- unos medios (83) de suministro de lastre (295) que permiten suministrar tal lastre al sistema de lastrado, sobre o hacia dicho fondo de inmersión (80), en el que una primera parte del tubo y del sistema de lastrado del que está provisto está ya mantenida, por un lastre ya presente en esta primera parte del sistema de lastrado.

10



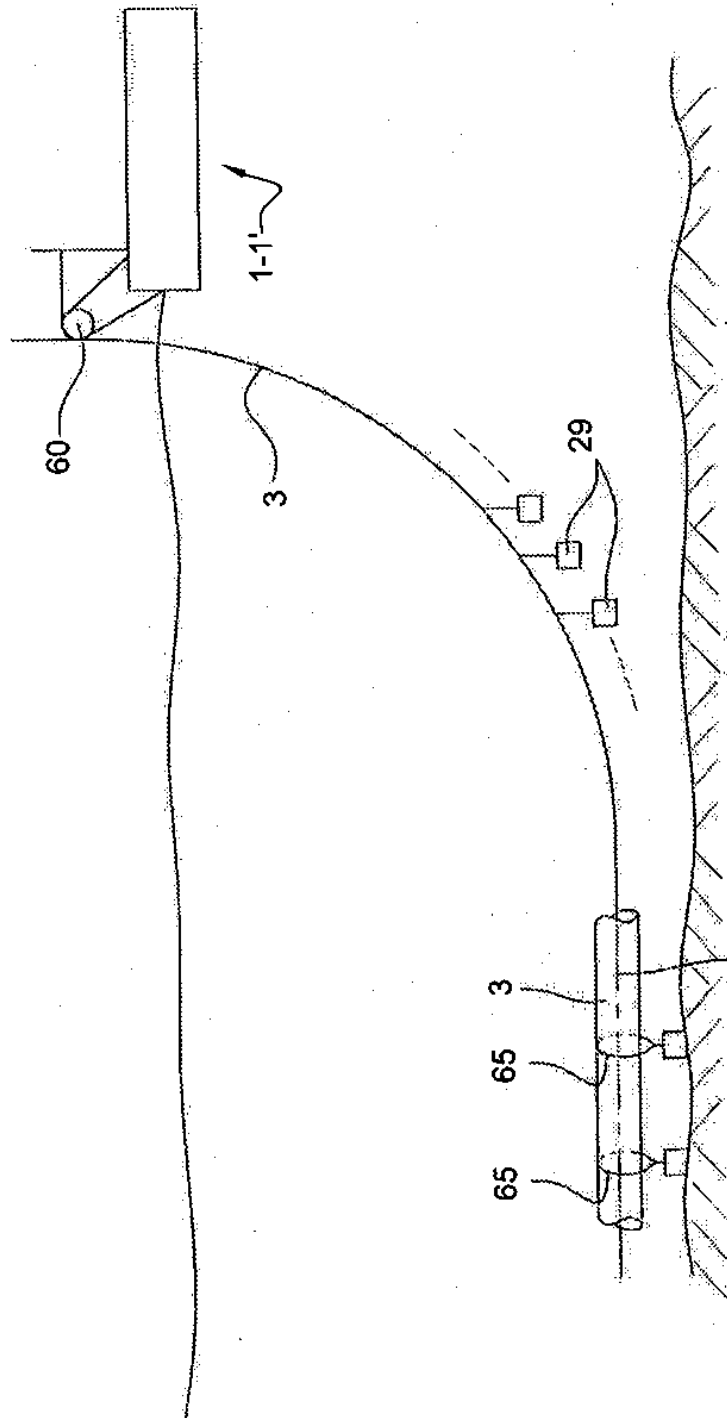


Fig. 2

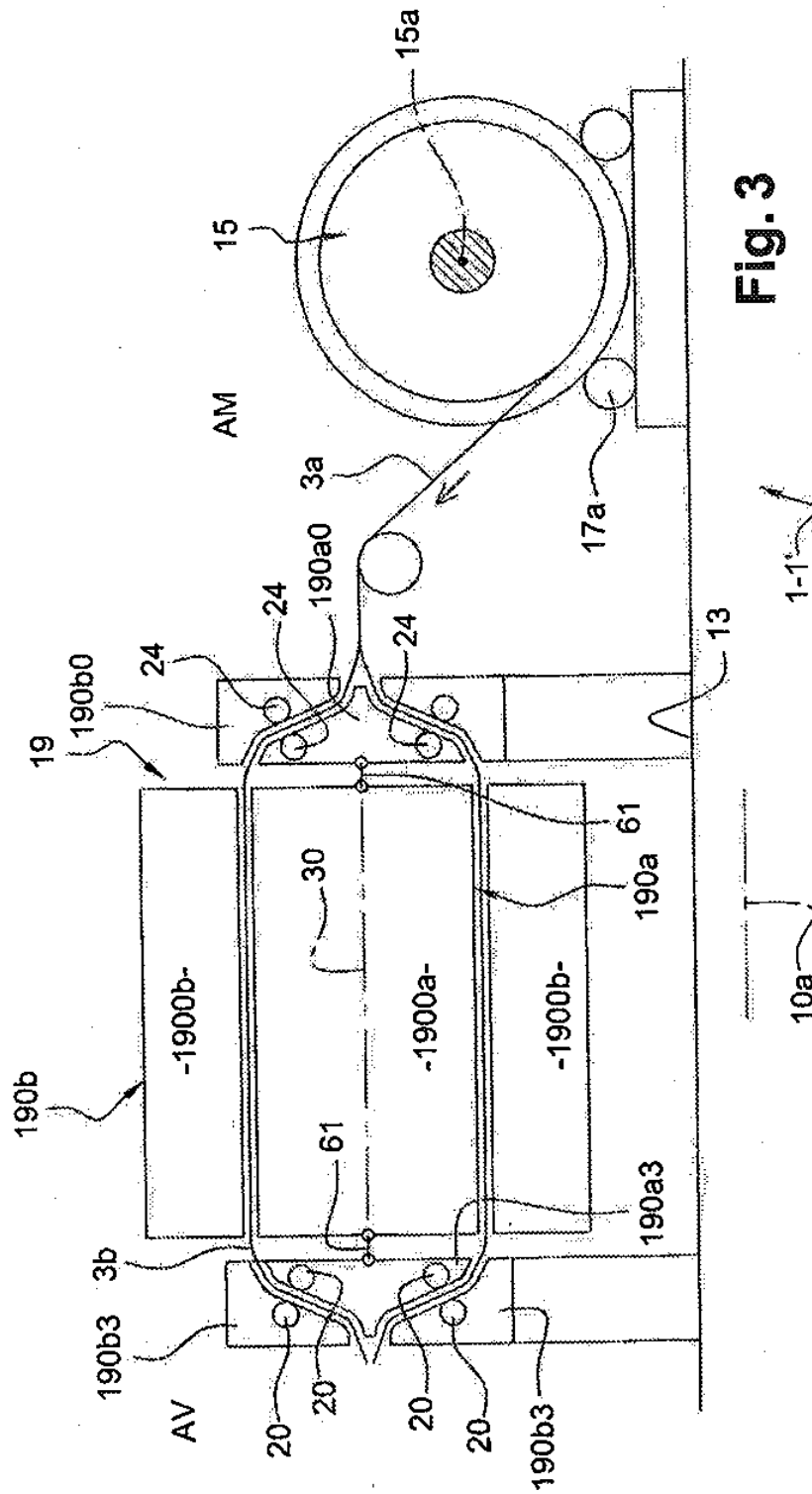
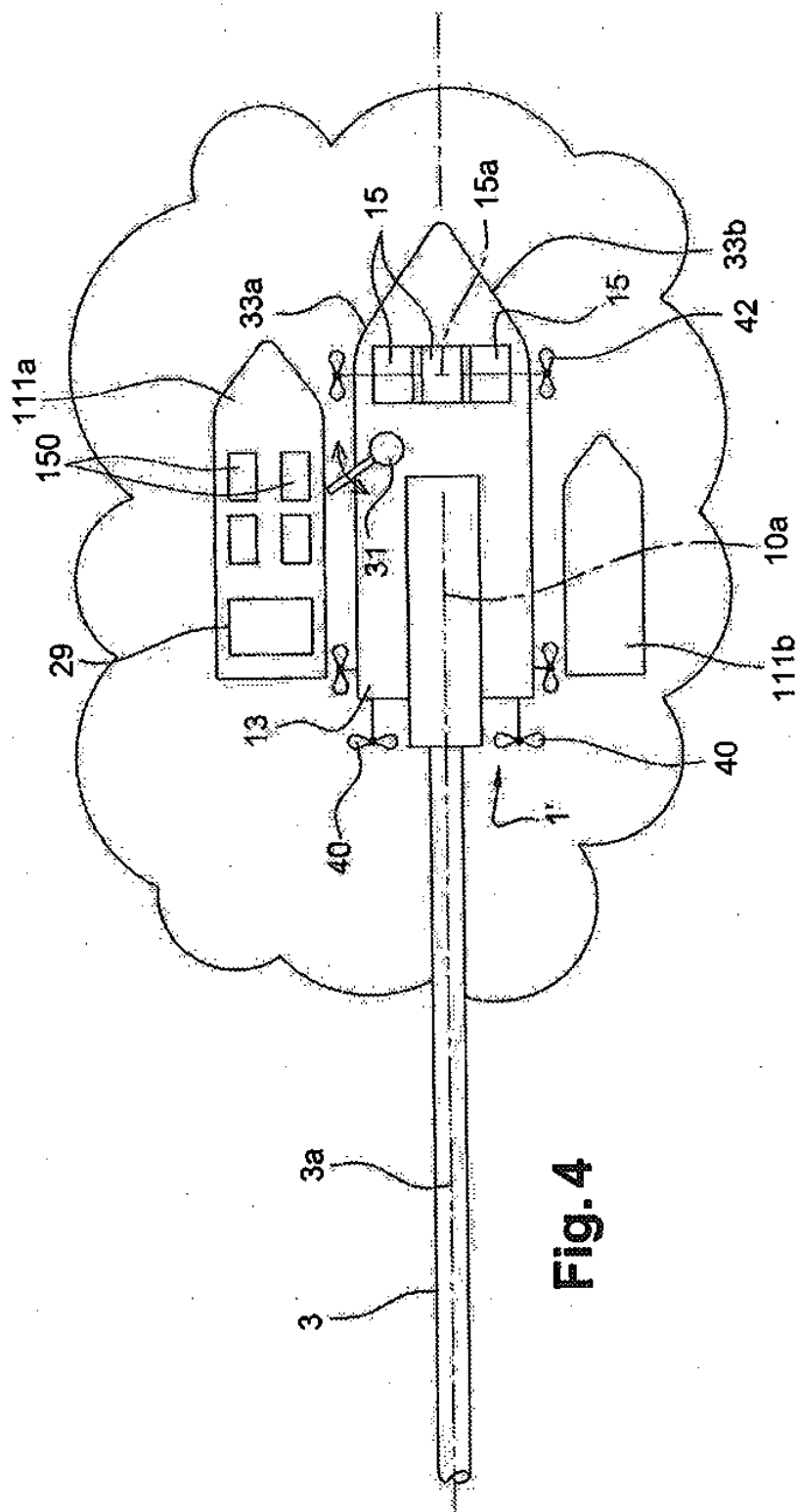
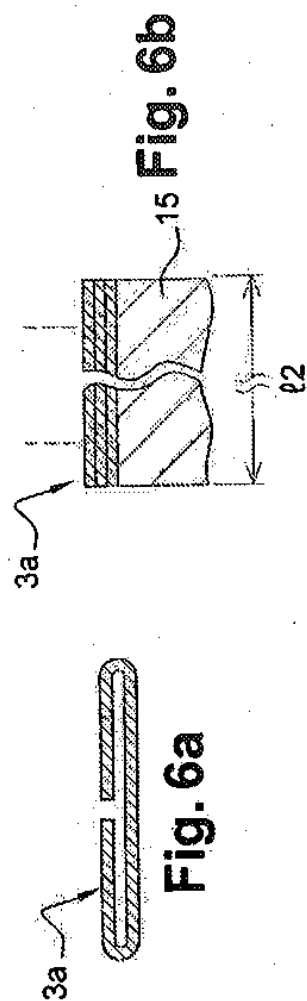
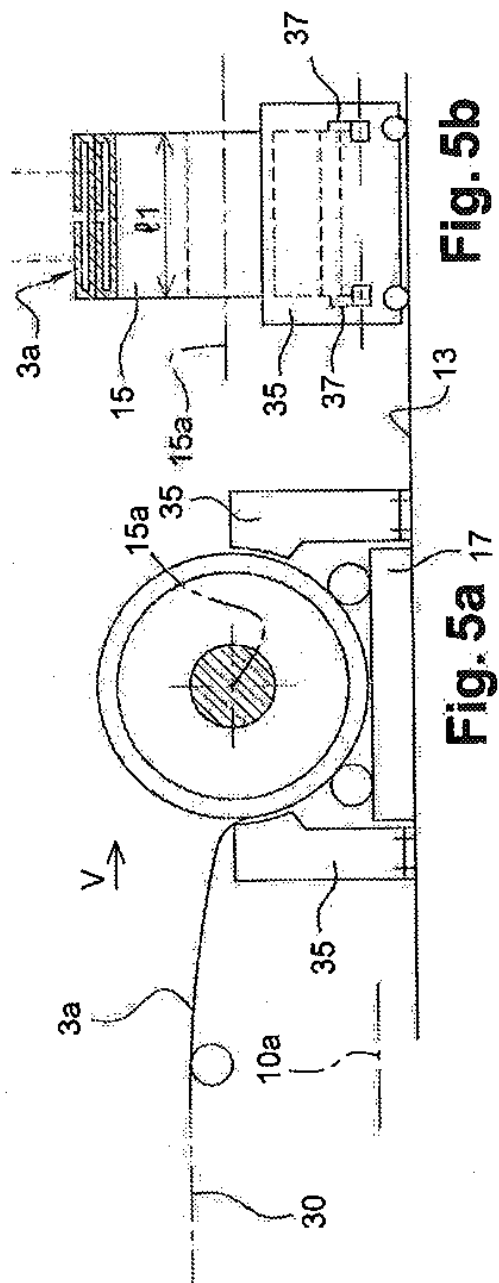
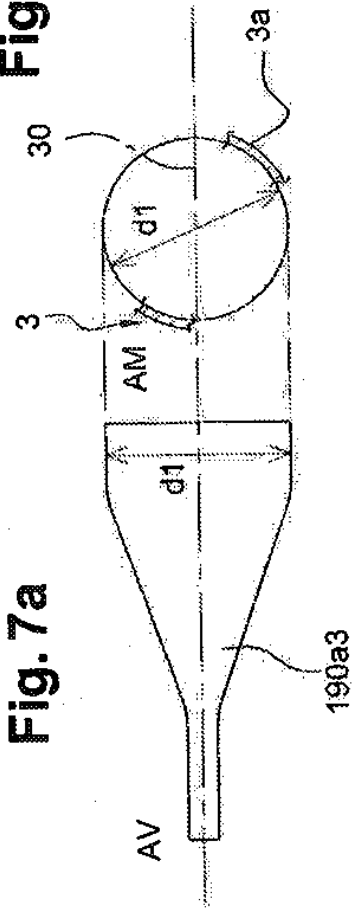


Fig. 3

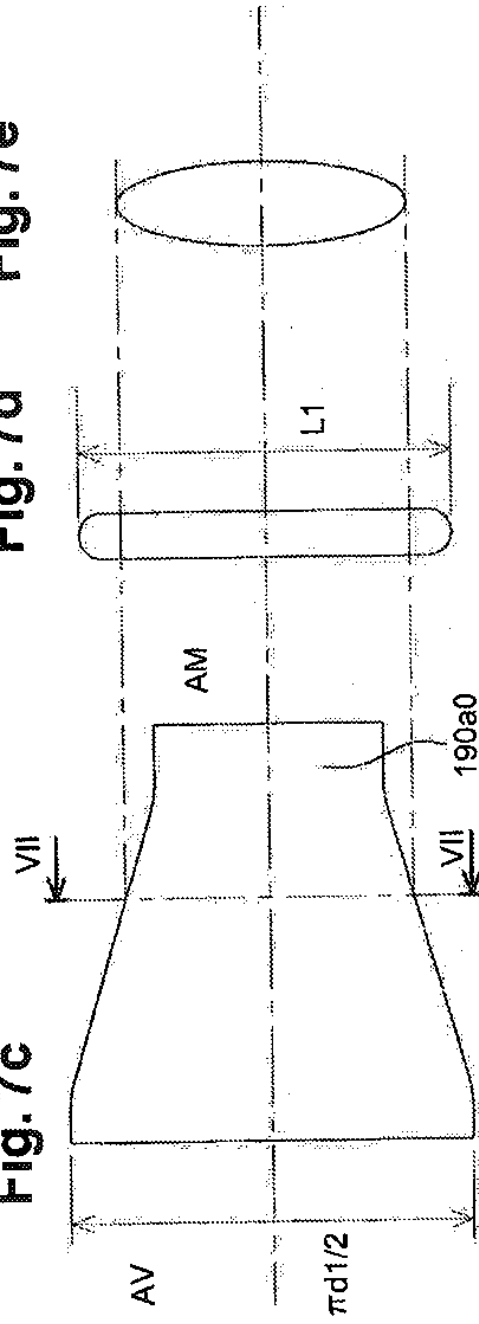


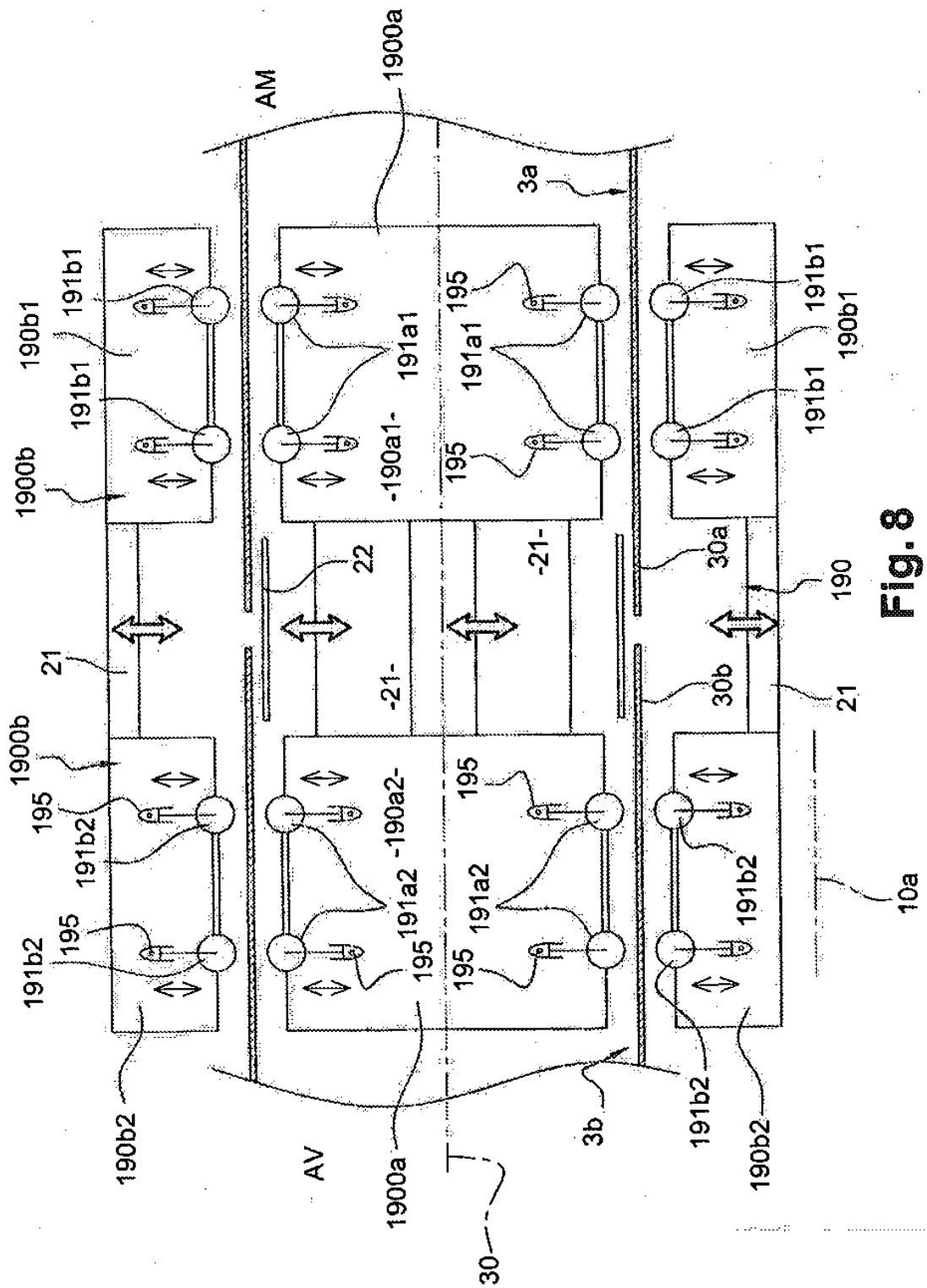


**Fig. 7a** **Fig. 7b**



**Fig. 7c** **Fig. 7d** **Fig. 7e**





**Fig. 8**

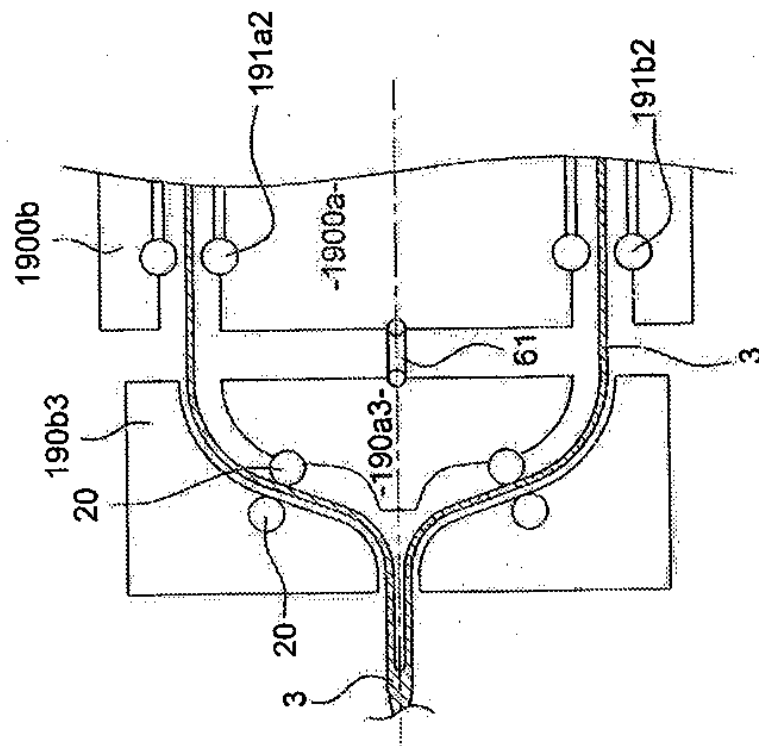


Fig. 9

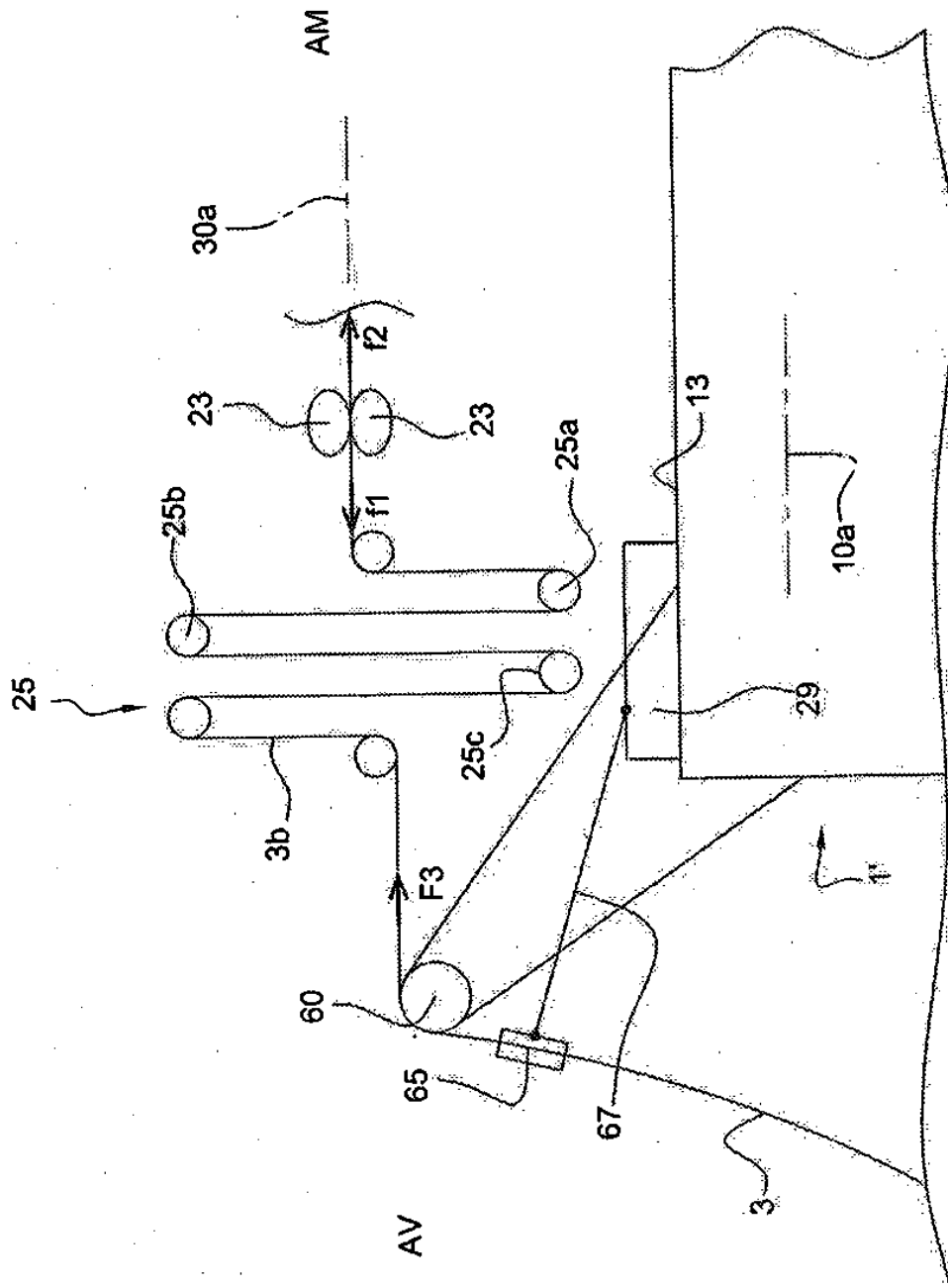
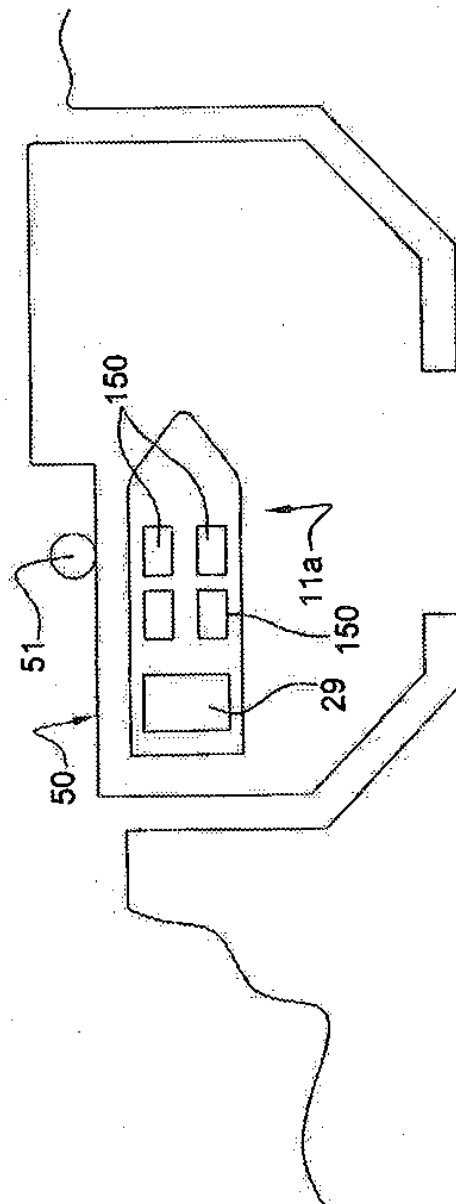
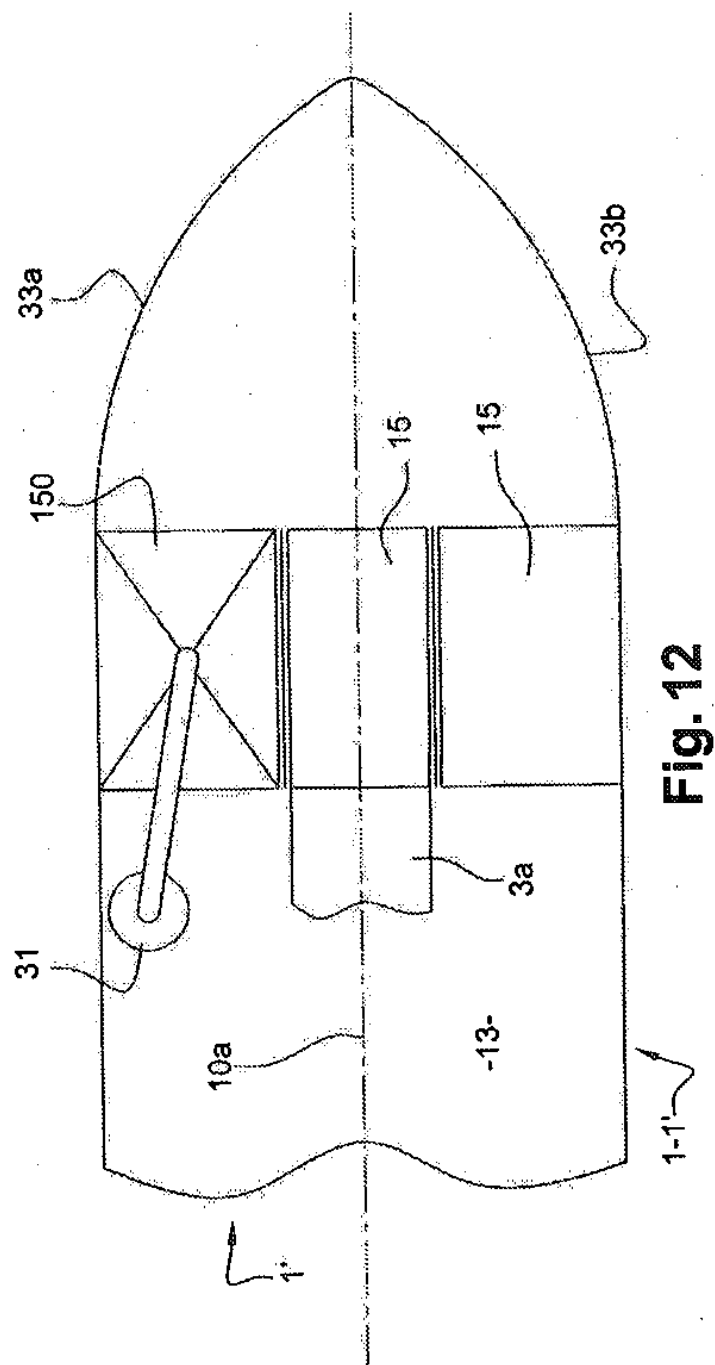


Fig. 10



**Fig. 11**



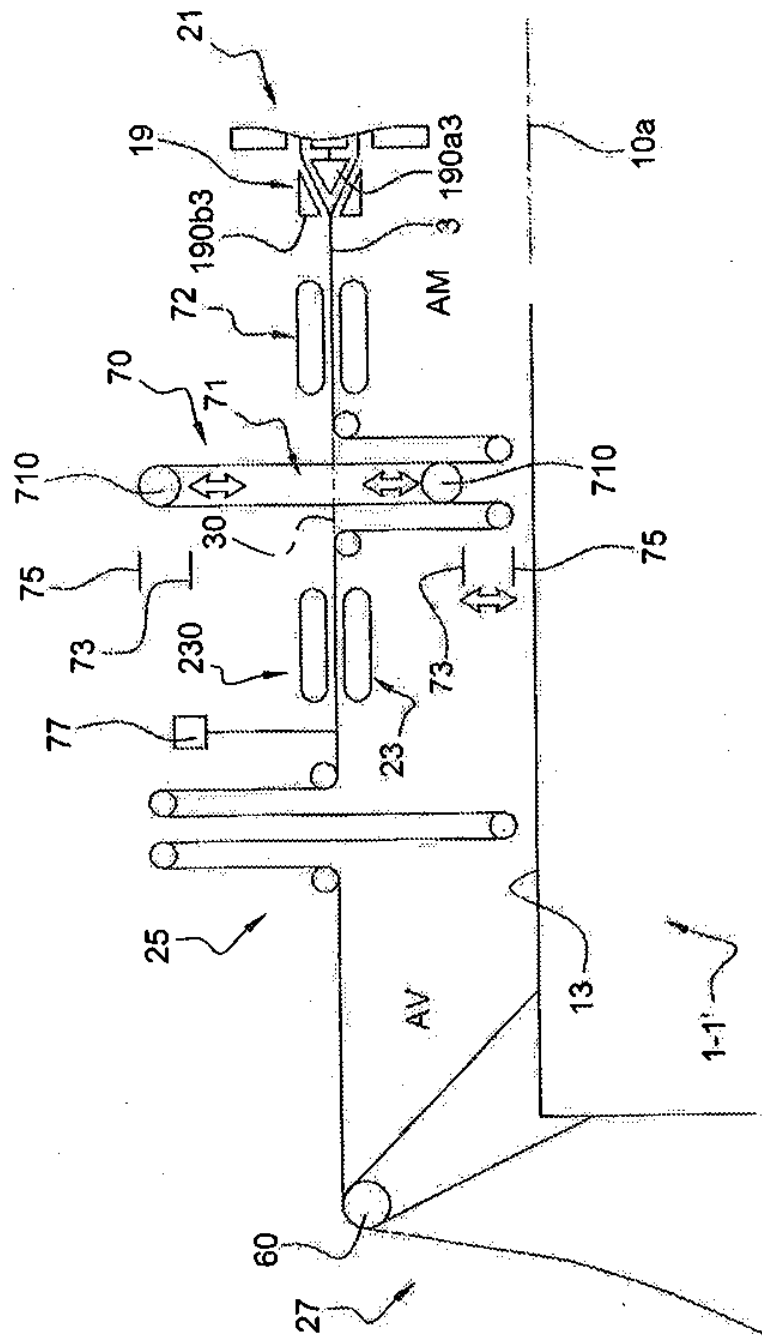
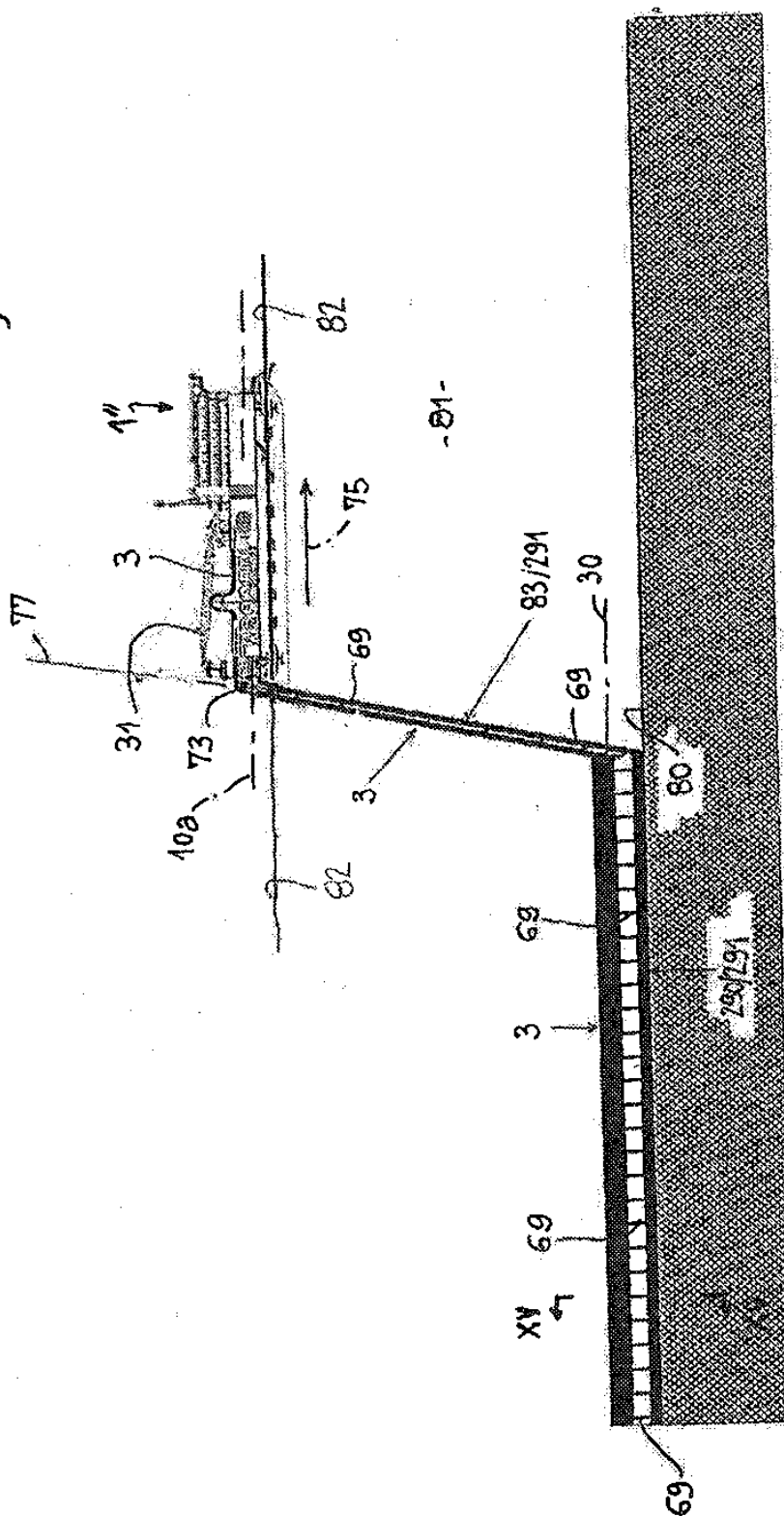


Fig. 13

Fig. 14



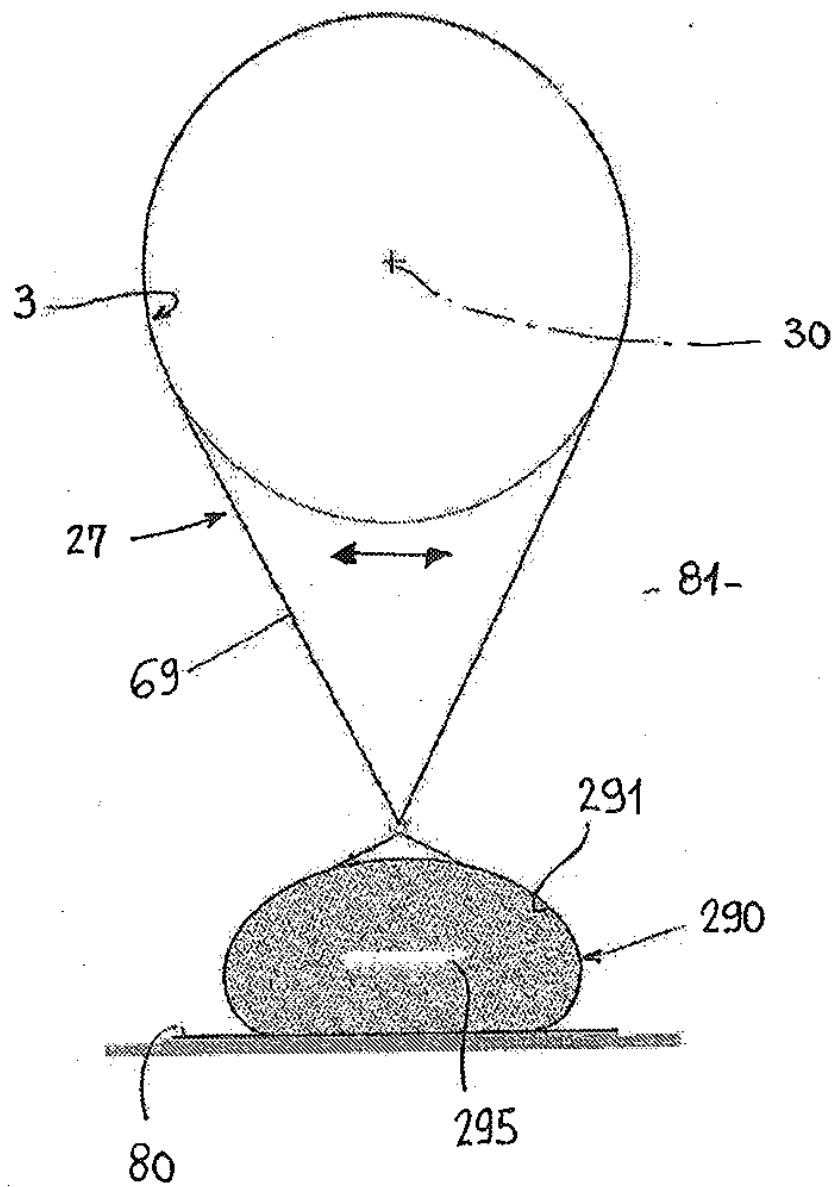
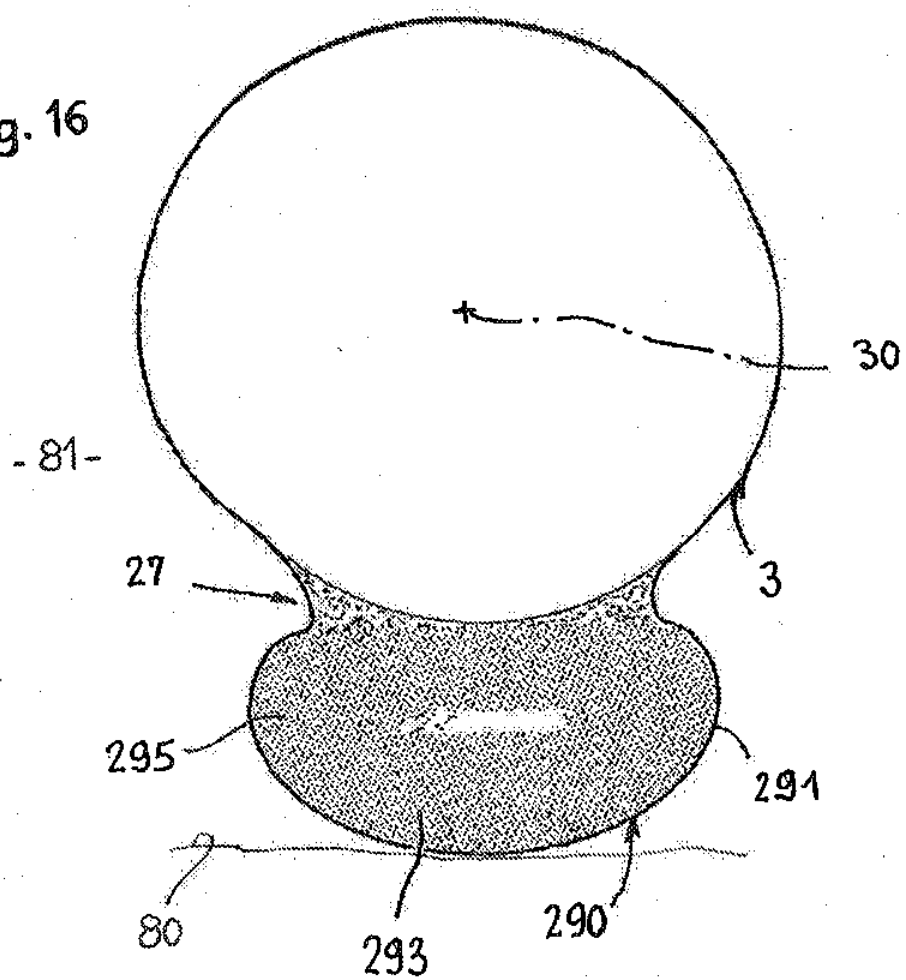


Fig. 15

Fig. 16



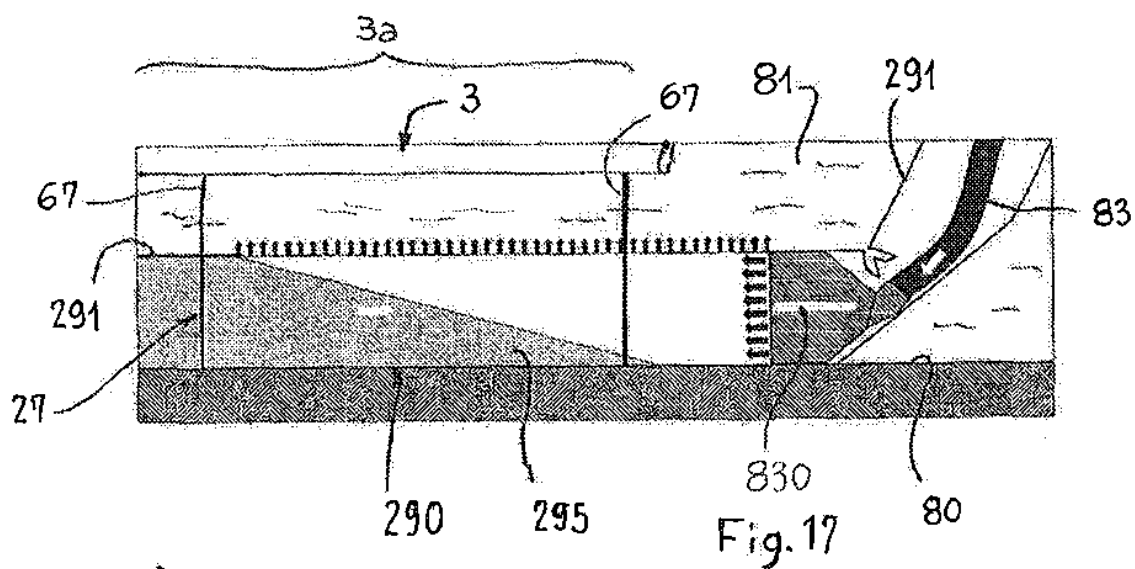


Fig. 17

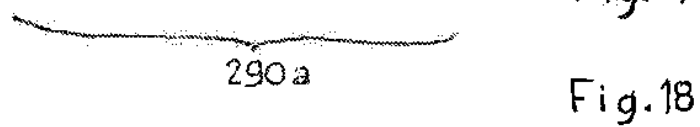


Fig. 18

